



METODOLOGÍAS APLICADAS A LA GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA AERONÁUTICA

Fortalecimiento del enfoque de liderazgo con habilidades duras
para una eficiente planificación avanzada de la calidad

Yeisson Alexis Rincón Cuta
Jaime Giovanni Rincón Sandoval
Feyber Hoyos Gómez

AUTORES



MAESTRÍA EN
**LOGÍSTICA
AERONÁUTICA**
ESCUELA DE POSTGRADOS FAC / SIVIES 1026AS

METODOLOGÍAS APLICADAS A LA GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA AERONÁUTICA

Fortalecimiento del enfoque de liderazgo con habilidades duras

para una eficiente planificación avanzada de la calidad

Esta obra cuenta con el apoyo, en calidad de coautores para la tercera sección, de los estudiantes y egresados del programa de Maestría en Logística Aeronáutica de la Fuerza Aérea Colombiana, listados en el anexo A.

METODOLOGÍAS APLICADAS A LA GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA AERONÁUTICA

Fortalecimiento del enfoque de liderazgo con habilidades duras

para una eficiente planificación avanzada de la calidad

Yeisson Alexis Rincón Cuta
Jaime Giovanni Rincón Sandoval
Feyber Hoyos Gómez
Autores



Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
Maestría en Logística Aeronáutica, MAELA

Catalogación en la publicación – Escuela de Postgrados FAC

Metodologías aplicadas a la gestión de la logística aeronáutica: fortalecimiento del enfoque de liderazgo con habilidades duras para una eficiente planificación avanzada de calidad /Yeisson Alexis Rincón Cuta; Jaime Giovanni Rincón Sandoval; Feyber Hoyos Gómez. -- Bogotá, Colombia: Escuela de Postgrados FAC,2024

248 páginas: ilustraciones,24cm
ISBN : 978-628-96469-0-0
E-ISBN: 978-628-96469-1-7
(Ciencia y Poder Aéreo)

1. Educación militar. 2. Metodología. 3. Logística aeronáutica. i. Yeisson Alexis Rincón Cuta, (autor). ii. Jaime Giovanni Rincón Sandoval, (autor). iii. Feyber Hoyos Gómez (autor). iv. Colombia. Escuela de Postgrados FAC.

HD38.5 .C7. .C88 2024

DOI: <https://doi.org/10.18667/9786289646917>

Registro Calcográfico SIBFuP 991316914707231

Archivo descargable en formato MARC en: <https://tinyurl.com/mr3kr28v>



Libro de investigación evaluado por pares
Primera edición: Bogotá D.C. Colombia, octubre del 2024
Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 23

ISBN: 978-628-96469-0-0
E- ISBN: 978-628-96469-1-7
DOI: <https://doi.org/10.18667/9786289646917>

Escuela de Postgrados de la FAC

Director EPFAC

CR. Giovanni Rojas Castro

Subdirector y Jefe de Estado Mayor

TC. Alejo Enrique Del Río Baena

Comandante Grupo Académico

TC. María Paula Mancera Perilla

Comandante Escuadrón Investigación

TC. Leidy Diana Girón Hernández

Jefe Maestría en Logística Aeronáutica, MAELA

MY. Jennifer Astrid Duarte Alarcón

Equipo Editorial

Coordinadora editorial

María Carolina Suárez Sandoval

Asistente editorial

Jenny Marcela Rodríguez Rojas

Corrección de estilo

María Carolina Ochoa

Diseño y diagramación

Angélica Ramos Vargas

Diseño de portada

Angélica Ramos Vargas

Autores

Yeisson Alexis Rincón Cuta

Jaime Giovanni Rincón Sandoval

Feyber Hoyos Gómez

Impresión: Papeles Pa'Ya

Impreso y hecho en Colombia.

© 2024, Escuela de Postgrados de la FAC
Cra. 11 n.º 102-50 Edificio ESEDEGUE, Escuadrón de Investigación
Oficina 411. A.A.110111. Bogotá D.C., Colombia
Conmutador: (601) 2134698 Ext. 72500 - 72625

www.libros.publicacionesfac.com

Agradecimientos

Agradezco a mi familia: mi esposa Ángela y a mis hijos Sara, Juan y Andrés, quienes, con su respaldo, paciencia y amor constante, me fortalecen y dan sustento al ímpetu para crecer cada día, mejorar y permanecer en un crecimiento constante, queriendo contribuir al desarrollo de la sociedad y de la comunidad académica y científica.

A Dios, por la habilidad de aprender, desaprender y volver a generar un conocimiento mucho más robusto, convertirlo en algo práctico y presentárselo a quienes, como yo, quieren seguir mejorando. También le agradezco por las competencias personales y profesionales que han permitido el desarrollo de esta obra, que sin duda aportará no solo a la grandiosa Fuerza Aérea Colombiana, sino también a la comunidad académica, científica y profesional del sector logístico y al desarrollo de operaciones logísticas y administrativas.

A mis estudiantes, quienes con su aporte han contribuido a la concreción de este libro y a mi crecimiento intelectual y profesional; desde un contexto casuístico que complementamos con buenas prácticas y alcanzamos nuevas propuestas basadas en factores clave que muchas veces no son tenidos en cuenta para la toma de decisiones.

Por último, agradezco al líder que promovió y, con su ímpetu, no desistió en el desarrollo de esta obra: el señor jefe del Programa de Maestría en Logística Aeronáutica, TC. Ricardo Rafael Varela Castillejo.

Yeisson Alexis Rincón Cuta

Prólogo

A lo largo de mi carrera como profesional militar, piloto y experto en logística, con más de 28 años de experiencia en diversas unidades y desempeñándome como jefe de jefatura logística, he tenido la oportunidad de enfrentar múltiples desafíos. Por ello, con gran entusiasmo valido el esfuerzo realizado por el señor Orientador de Defensa, Yeisson Alexis Rincón Cuta, quien, como autor principal de esta obra, ha logrado plasmar las necesidades inherentes a todo líder y cómo abordar los problemas para una oportuna toma de decisiones. Quiero también reconocer al señor Coronel Jaime Giovanni Rincón Sandoval, cuya experiencia ha sido clave en el desarrollo de la estrategia de gestión por capacidades presentada en el Capítulo 3, y al señor Mayor Feyber Hoyos Gómez, quien, a través de su experiencia, ha contribuido significativamente al desarrollo de la gestión basada en el análisis de la demanda de activos requeridos, para una adecuada sostenibilidad de flota y control de la inversión presupuestal en el Capítulo 4.

He reconocido los desafíos constantes y las áreas que necesitan mejora, incluso cuando parecería que no deberían surgir nuevos problemas. Como líder, ya sea en el rol de comandante, gerente o cualquier otra posición de liderazgo, me enfrento a dos opciones: responder al “incendio” con medidas inmediatas o buscar soluciones profundas y sostenibles. Aunque es crucial tomar decisiones rápidas para contener los problemas, es aún más fundamental implementar estrategias estructurales que eviten la perpetuidad de una gestión reactiva.

Este libro es un recurso valioso para quienes se dedican a la logística, especialmente en el contexto aeronáutico de la Fuerza Aérea Colombiana. Proporciona una estructura temática coherente, herramientas, métodos y objetivos que, al ser aplicados, se convierten en prácticas que nos equipan para identificar, clasificar y gestionar contratiempos y novedades en este

campo. Aunque acumulamos experiencia, siempre surgirán nuevos desafíos. La clave para superarlos radica en adoptar prácticas actualizadas, basadas en información confiable y métodos analíticos. Sin duda, el tiempo que dedique a la lectura y análisis de este contenido cambiará su perspectiva y contribuirá a mejores resultados institucionales.

Contenido

Agradecimientos	9
Prólogo	11
Introducción	23
Personal e investigaciones principales contribuyentes	25

SECCIÓN I

La metodología de investigación aplicada a la logística con la articulación entre el liderazgo y las herramientas

Capítulo 1. Introducción a la metodología de investigación aplicada en la Maestría de Logística Aeronáutica	31
Idea de investigación	33
El origen de la idea de investigación	33
Problema logístico	34
Necesidad por condiciones de capacidades limitadas o restringidas	34
Oportunidad de mejora	34
Creación de nuevas capacidades	35
Proyectos macro de la FAC a desarrollar por Escuela de Posgrados de la FAC, a través de la Maestría en Logística Aeronáutica	35

Modelo de construcción de una idea de investigación	37
Elementos clave para consolidar la base temática de la investigación	40
Objeto de investigación	43
Unidad de análisis	45
Variables o categorías de investigación	45
Ejemplo definición variables “Velocidad”	46
Ejemplo manejo variables “Cualitativas”	46
Ejemplo manejo variables “Cuantitativas”	48
Ejemplo de obtención de gran cantidad de datos	50
La relevancia del marco referencial	52
Contenido general del marco referencial	53
Marcos principales que se orientan a la inferenciación de la factibilidad y viabilidad en el desarrollo de la propuesta	53
Marcos principales desde el contexto científico	56
Listado de marcos complementarios u opcionales dependiendo de la investigación	57
Introducción al contexto referencial	59
Ejemplo gráfico líneas	59
Ejemplo gráfico ciclo de vida	60
Contexto situacional	62
Análisis contextual	63
Matriz de referenciación	63
Marco legal y normativo	66
Desarrollo del marco conceptual	67
Planteamiento metodológico inicial	69
Tipos de razonamientos	70
¿Entonces debo seleccionar un tipo de razonamiento para desarrollar mi investigación?	74

Modelo metodológico conceptual	75
Coherencia investigativa	76
Conclusiones del capítulo	81
Capítulo 2. El método, las herramientas y el liderazgo	83
¿Qué debe hacer un asesor metodológico?	85
Incursionando en el desarrollo de soluciones desde la logística	86
¿Cómo elegir la metodología a través de la correlación de variables?	87
¿Cómo debo estructurar a mi equipo para la solución de problemas reales?	90
Enfoque misional aplicado en la toma de decisiones	92
La gestión de la confianza sobre el miedo	94
¿Por qué tomar el miedo con respeto en las organizaciones?	95
Construyendo confiabilidad	100
Ejemplo del factor clave en la confiabilidad centrada en el mantenimiento	101
La sistematización de los factores clave	102
¿Cuáles son las buenas prácticas para aplicar una metodología?	104
Desarrollo de un punto de referencia	104
Validación de una metodología pertinente	105
Enfoque de mejoramiento continuo	106
Estándares internacionales para la excelencia	107
Factores clave en el sector aeronáutico	109
Conclusiones de capítulo	110

SECCIÓN II

Metodologías – filosofías – herramientas y su aplicación para el desarrollo de modelos de negocio

Introducción segunda sección	115
Capítulo 3. La gestión de la demanda	117
El origen de toda operación logística	120
Métodos de análisis de demanda	122
Plan de requerimientos de materiales (MRP)	126
Pronósticos basados en series de tiempo de materiales, componentes e insumos, entre otros	135
Clasificación ABC	142
Cálculo pronóstico de la demanda	145
Selección del modelo y técnica de pronóstico	150
Determinación de nivel y políticas de inventario	154
Conclusiones del capítulo	156
Capítulo 4. Gestión de las capacidades logísticas aeronáuticas	159
Análisis preliminar modelo Capacitas	162
Capacidad	165
Criterios de decisión para gestionar basado en capacidades	166
Documentación técnica como fuente para determinar criterios	167
Organización de la información para la gestión del mantenimiento aeronáutico	168
Materiales y equipos para el desarrollo de la capacidad	169
Personal para la gestión de capacidades	170
Infraestructura aeronáutica para el desarrollo de las capacidades	171
Enfoque hacia la gestión de activos	172
Herramienta de análisis “matriz familia de capacidades”	173
Enfoque operacional versus enfoque de negocio	180

Inferenciación de la madurez en la gestión de activos	184
Vida útil de las aeronaves	187
Conclusión del capítulo	191
Capítulo 5. Metodologías de planeación, estandarización y control de operaciones	195
El camino hacia la madurez de un sistema de gestión	197
Matriz de excelencia de mantenimiento, “herramienta de diagnóstico”	198
Procedimiento de mejora continua	203
<i>Core business</i> (centro de negocio)	206
Planificación y control de operaciones	207
Tipos de mantenimiento	216
Mantenimiento correctivo	217
El mantenimiento preventivo	218
El mantenimiento predictivo	219
Filosofía de trabajo para su aplicación (diferencia de enfoque confiabilidad e integridad de activos)	220
Herramientas tecnológicas de captura y análisis de datos	221
Mantenimiento basado en condición (<i>condition based maintenance</i> , CBM)	225
Modelo de gerenciamiento de mantenimiento	225
Mantenimiento centrado en la confiabilidad	226
Cómo valorar la inversión social "Precios Sombra"	229
Estrategias de fortalecimiento del modelo de mantenimiento	230
La gestión de activos y su enfoque en la clusterización	230
La gestión de activos y su enfoque en la servitización	230
Alianzas estratégicas logísticas	233
Vigilancia tecnológica constante	234

Casos de éxito	235
Conclusiones del capítulo	236
Referencias	239
Anexos	247

Lista de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1. Desde el objeto de investigación, la pregunta de investigación	41
Tabla 2. Relación general de variables y categorías	46
Tabla 3. Variable y los estados con enfoque nominal	47
Tabla 4. Escala de importancia	48
Tabla 5. Ejemplos de construcción de variables cuantitativas y una cualitativa	49
Tabla 6. Identificación de marcos complementarios	58
Tabla 7. Ejemplo de relación de filosofías, metodologías y técnicas de investigación	61
Tabla 8. Normograma	66
Tabla 9. Ejemplo matriz para desarrollo marco conceptual	68
Tabla 10. Tipos de razonamiento	71
Tabla 11. Ejemplos de razonamiento: deducción	73
Tabla 12. Ejemplos de razonamiento: inducción	73
Tabla 13. Ejemplos de razonamiento: abductivo	74
Tabla 14. Coherencia investigativa en el planteamiento de la investigación	78
Tabla 15. Ejemplo para la redacción de objetivos	79
Tabla 16. Pasos para organizar al equipo de trabajo en la solución de problemas	93
Tabla 17. Relación de miedos principales	97
Tabla 18. Origen de la demanda de acuerdo con el rol	121
Tabla 19. Relación de metodologías y principios	123
Tabla 20. Variables investigadas en la planeación de pronósticos de demanda	126
Tabla 21. Ejemplo relación causal para un óptimo MRP	129
Tabla 22. Ejemplo de demanda dependiente e independiente	131

Tabla 23. Variables estudiadas en la planeación del mantenimiento aeronáutico	132
Tabla 24. Relación de fases de mantenimiento Embraer EMB-312 Tucano	133
Tabla 25. Análisis de trabajo mantenimiento de aeronave Embraer 312	134
Tabla 26. Requerimientos de MRP	135
Tabla 27. Ejemplo de factores de fracaso en gestión de inventarios	137
Tabla 28. Ejemplos de aplicación de técnicas de pronóstico adaptativo	138
Tabla 29. Comparación de criterios para la clasificación ABC	142
Tabla 30. Ejemplo de clasificación ABC para cuatro flotas	143
Tabla 31. Ejemplo del análisis comparativo estructura ABC vs Consumo	144
Tabla 32. Relación de plataformas utilizadas para pronosticar	149
Tabla 33. Variables investigadas en la planeación de pronósticos de demanda	153
Tabla 34. Análisis del modelo Capacitas	163
Tabla 35. Definición de capacidad por eje temático	166
Tabla 36. Criterios clave para el análisis de las listas de material y personal requerido para una capacidad, (D) del DOMPI	168
Tabla 37. Criterios fundamentales para la (M) del DOMPI	169
Tabla 38. Criterios fundamentales para la (P) del DOMPI	171
Tabla 39. Variables investigadas en la gestión de activos	172
Tabla 40. Ejemplo matriz raci para mantenimiento de la aeronave	182
Tabla 41. Ejemplo correlación entre elementos grupo 1 de la ISO 55001	186
Tabla 42. Variables investigadas en el mantenimiento aeronáutico	197
Tabla 43. Nivel de madurez para cada componente de la matriz de excelencia de mantenimiento	198
Tabla 44. Diez componentes de la matriz de excelencia de mantenimiento	199
Tabla 45. Matriz base de excelencia de mantenimiento	201
Tabla 46. Variables investigadas en la gestión por capacidades	210
Tabla 47. Relación de capacidades por componente / número de parte	212
Tabla 48. Relación de actividades de mantenimiento preventivo progresivo integral	219

Figuras

Figura 1. Estructura base de investigación de la Maestría en Logística Aeronáutica	36
--	----

Figura 2. Modelo de construcción de idea de investigación	38
Figura 3. Ejemplo delimitación alcance objeto de investigación	43
Figura 4. Ejemplo de <i>web scraping</i>	51
Figura 5. Herramienta de análisis índice de Gini	60
Figura 6. Dimensiones cuantitativas y cualitativas del ciclo de vida del clúster	61
Figura 7. Ejemplo de antecedentes	63
Figura 8. Reloj solar	70
Figura 9. Glider / Planeador FAC	72
Figura 10. Ejemplo de modelo conceptual metodológico para la propuesta del modelo de mantenimiento aeronáutico	76
Figura 11. Modelo conceptual de un sistema de gestión por procesos	77
Figura 12. Modelo cúbico de cinco caras para temas, herramientas y objetivos de la logística	80
Figura 13. Correlación de variables como horas extras, atajos y pruebas	88
Figura 14. Estructura mental para solucionar problemas	91
Figura 15. Prospectiva del nivel de comunicación	99
Figura 16. Familia de estándares aeronáuticos	108
Figura 17. Factores clave del EVSM aeronáutico	110
Figura 18. Proceso de demanda material aeronáutico	139
Figura 19. Tendencias de pronóstico con demanda continua	145
Figura 20. Estacionalidades de pronóstico con demandas dinámicas	146
Figura 21. Consolidación de la demanda para vigencias posteriores	154
Figura 22. Ejemplo de matriz de prioridades para la atención de la demanda	157
Figura 23. Ejemplo de elementos a incluir en el sistema de gestión del sector aeronáutico	162
Figura 24. Diagrama de flujo de procesos propuesto en el modelo Capacitas	164
Figura 25. Componentes para la planeación del mantenimiento basado en capacidades	173
Figura 26. Matriz de familia de capacidades	175
Figura 27. Dendograma de ejemplo	178
Figura 28. Estructura del problema de configuración plataforma de producto	180
Figura 29. Alineación de los 39 temas del panorama de gestión de activos con los seis grupos de temas	185
Figura 30. Ciclo de vida para la gestión de activos	188
Figura 31. Vida útil versus el objetivo del servicio	190
Figura 32. Niveles de desempeño de la gestión de mantenimiento	199

Figura 33. Resultados de la ponderación de la matriz de excelencia aplicados en la unidad de análisis del investigador	202
Figura 34. Evolución del método científico en el PDSA y API	204
Figura 35. Modelos de mejoramiento de procesos con enfoque de rediseño	205
Figura 36. Flujo actividades de planificación y control para producción de servicios logísticos aeronáuticos	215
Figura 37. Descripción general sobre los diferentes tipos de mantenimiento	216
Figura 38. Modelo de planeación basado en la gestión por capacidades de mantenimiento aeronáutico	224
Figura 39. Curva del ciclo de vida del activo físico	227
Figura 40. Balance de gastos y beneficios ante la aplicación de la estrategia de mantenimiento predictivo	229
Figura 41. Ejemplos de servitización aplicados	232

Introducción

La necesidad de fortalecer el mando y los procesos institucionales en términos de la logística aeronáutica llevó a desarrollar el proyecto denominado **Herramientas de gestión para la logística aeronáutica**, el cual se orientaba a diseñar, desarrollar e implementar filosofías, herramientas, técnicas y métodos que **apoyen la gestión y toma de decisiones** en las organizaciones por medio de:

- La formulación de iniciativas de mejoramiento en la cadena de suministro, sistemas para el soporte en el sector logístico aeronáutico.
- La optimización de tiempos de entrega y disponibilidad de servicios a clientes internos y externos de los diferentes procesos productivos y de servicio.
- La aplicación de métodos y prácticas para la racionalización de los costos y gastos en todos los procesos de la cadena de la logística aeronáutica, contribuyendo a la generación de valor.
- La implantación de proyectos orientados a mejorar y optimizar procesos que atiendan las necesidades operacionales específicas de las unidades aéreas y de las organizaciones públicas y privadas.

Con esto planteado, se desarrollaron proyectos específicos que contribuyeron al cumplimiento de los objetivos de la investigación, enfocados a las herramientas de gestión para el mejoramiento de los resultados de mantenimiento, de los procesos flexibles en el ámbito logístico, la cadena de abastecimiento, los encadenamientos productivos y los modelos de calidad para la mejora continua, a partir del soporte de estándares internacionales se consolidaron metodologías, herramientas y teorías aplicadas a procesos de gestión de la logística aeronáutica. Es así como, desde la

política y gestión del conocimiento y la formación del persona de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), se promueve una estrategia de mejoramiento para el sostenimiento de las capacidades que permitan atender las necesidades institucionales, por lo cual producto de la investigación se busca extraer del mundo competitivo civil o del sector defensa experiencias, metodologías y herramientas que fortalecen el enfoque de liderazgo con habilidades duras para una eficiente planificación avanzada de la calidad, y que es aplicable en la organización.

En el desarrollo de una o múltiples operaciones individuales, coordinadas y conjuntas, se pueden evidenciar oportunidades de mejora de distintos niveles de dificultad o complejidad de aplicación, por lo cual encontrar las características de cada uno se convierte en un factor clave de éxito que debe abordarse desde estructuras pertinentes para no caer en complicaciones que pueden llevar a sobrecostos y extensos tiempos de respuesta. Como ejemplo, se relaciona la diferencia conceptual del *error* con palabras en inglés como *mistake*, *error*, *oversight* y *misunderstanding* que pueden ayudar a una mejor comprensión de diferentes niveles o características de los errores y de cómo puede originarse cada uno. Este contexto es básico para entender la importancia de trabajar en la mitigación de errores que podrían ser relevantes en el cumplimiento de una misión, meta, objetivo o quizás un reto profesional e incluso personal.

Lo primero es aceptar la ocurrencia del error, del miedo vinculado a este, y de la gestión de liderazgo en un equipo de trabajo multidisciplinar que debe evitar, eliminar o mitigar el consumo de recursos y esfuerzos innecesarios pertenecientes a la organización. Hablar de la gestión de errores debe, en principio, abordar una estructura que lleve a la aceptación de una conciencia situacional real, a partir de los tres principios básicos asociados al error, entre los cuales está aceptar la posibilidad de ocurrencia, creer en la probabilidad de su materialización e identificar una necesidad de gestionar adecuadamente acciones que conduzcan al cumplimiento de los objetivos.

La problemática de estudio se fundamenta en las veces en que, como organización, se habla del cumplimiento de la misión institucional y más cuando se recita sin llegar a su aplicación real. Por lo tanto, el líder debe responder a través de estrategias, métodos y herramientas para que su equipo pueda lograr lo propuesto en su plan de trabajo. Así, el hecho de abordar elementos que lleven a un razonamiento objetivo de la situación

fundamentará el uso de diferentes alternativas, que le permitan generar a través del desarrollo autónomo de actividades, el aporte específico que brinda cada integrante de un equipo durante la consecución de los objetivos planteados. Así mismo, se propende por articular los estrechos márgenes de autoridad, disciplina y respeto hacia las funciones y responsabilidades, con el enfoque directo hacia el cliente identificado en un proceso ordenado.

Ahora bien, la importancia de entender el aporte individual y el orden de prioridades de cada integrante del equipo de trabajo le permite al comandante flexibilizar el control de las actividades y enfocarse a los resultados, eliminar la “reunionitis” y especializar al personal. Por lo anterior, la temática del presente documento se fundamenta en metodologías logísticas de planeación, gestión, seguimiento, control y mejoramiento continuo, con filosofías flexibles y robustas, para ayudar al lector en la aplicación de los esquemas teóricos dentro del contexto aeronáutico. Se parte de las aplicaciones evidenciadas en las investigaciones del programa de Maestría en Logística Aeronáutica de la Escuela de Posgrados de la FAC.

La estructura del libro tiene dos secciones, en las que inicialmente se pretende que el lector adquiera un dominio conceptual para estandarizar un proyecto u operación logística con un lenguaje claro y sencillo. Se complementa con concienciar al lector, quien debe enfocarse en desarrollar instrumentos para fortalecer el “respeto al miedo organizacional” a través del uso de herramientas, metodologías y filosofías aplicadas a las operaciones logísticas. En la segunda sección, se consolida todo lo anterior a través de propuestas para la gestión eficiente de recursos, procesos y organizaciones.

Como valor agregado del libro, se abordarán factores clave de éxito o fracaso en el desarrollo de cada temática, partiendo de los diferentes resultados que han contribuido a la consolidación del documento. Esto le permitirá al lector no solo apoderarse de los conceptos propios, sino también tener los elementos para desarrollar nuevos conocimientos por sí mismo, partiendo de metodologías aplicadas a la gestión de la logística aeronáutica.

Personal e investigaciones principales contribuyentes

Los profesionales que aportaron al desarrollo de la investigación fueron los egresados de la Maestría en Logística Aeronáutica, quienes se listan en

conjunto con los aportes más significativos de este documento. En la elaboración de cada sección y capítulo, se abordan las variables principales, el eje temático y el enfoque sobre el cual un líder debe basarse para determinar objetivos y resultados clave de manera narrativa para suavizar la lectura de los contenidos técnicos. A su vez, se resalta la metodología referida como eje principal de la obra, y a diferencia del planteamiento metodológico habitual que aborda el tipo de investigación, se parte de una redacción descriptiva sobre los productos resultados del desarrollo académico en logística aeronáutica que han propuesto soluciones a problemáticas reales. La tendencia de las investigaciones fue del tipo metodológico descriptivo, exploratorio y explicativo; se menciona en el capítulo cuando el tipo de investigación haya sido diferente en términos de correlación, experimentos, etc.

Diego Hernán Silva Martínez, perteneciente a la reserva activa de la FAC, es experto en gestión logística con más de veinticinco años de experiencia en el sector aeronáutico. Con su investigación enfocada en el “rediseño del procedimiento del pronóstico de material aeronáutico requerido para la elaboración del Programa Anual de Soporte Logístico Operacional (PASLO) en la FAC”, resaltó las oportunidades de mejora en términos de la gestión de activos y abastecimiento aeronáutico, lo cual evidenció la falta de análisis en gestión de la incertidumbre. Como magíster en Logística Aeronáutica, logró incluir herramientas para el seguimiento de los cálculos y asegurar un adecuado fundamento para la toma de decisiones.

Feyber Hoyos Gómez, perteneciente a la Subdirección de Pronósticos e Inventarios, a través de su investigación acerca de la “metodología para establecer el nivel de aprovisionamiento del almacén aeronáutico del Comando Aéreo de Combate N.º 2”, abordó el análisis de los pronósticos de la institución, aplicando y madurando el modelo con el que se han alcanzado logros económicos y la transmisión del conocimiento a todo el personal perteneciente al área de Pronósticos. Como magíster en Logística Aeronáutica ha logrado validar modelos articulados que llevaron a la elaboración del Capítulo 3 de este libro como coautor.

Wilson Andrés Gómez Hernández, vinculado al Centro Logístico Aeronáutico del grupo técnico aeronáutico, trabajó en conjunto con el grupo de investigación que desarrolló el Proyecto 75239 de la convocatoria 2019 del Ministerio de Ciencias (MinCiencias). Con su aporte investigativo, permitió la caracterización del modelo de planeación presupuestal orientado

a la toma de decisiones oportunas y efectivas con base en las capacidades técnicas aeronáuticas de la FAC. Así mismo, como magíster en Logística Aeronáutica sus aportes contribuyeron a determinar los criterios de decisión para gestionar con base en capacidades y en cómo planear a través de la parametrización del (DOMPI)¹.

Jaime Giovanni Rincón Sandoval, coautor del Capítulo 4, líder del Sistema de Información Logística, el cual tiene como base la plataforma informática empresarial (SAP) en el módulo de Mantenimiento, trabajó en conjunto con el grupo de investigación que desarrolló el Proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MinCiencias. Con su aporte investigativo, contribuyó al modelo de planeación basado en gestión de capacidades y llevó a estructurar el modelo propuesto para la gestión por capacidades, estableciendo una propuesta para la estructuración basada en familia de capacidades del capítulo.

Julio Ernesto Rodríguez Pirateque, consultor QC de mantenimiento y exdirector de la Maestría en Logística Aeronáutica perteneciente a la reserva activa de la FAC, es experto en gestión logística con más de veintiocho años de experiencia en el sector aeronáutico. Trabajó en conjunto con el grupo de investigación que desarrolló el Proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MinCiencias. Con su aporte investigativo, contribuyó al modelo de planeación basado en gestión de capacidades, y llevó a estructurar el modelo propuesto para la gestión por capacidades del Capítulo 4.

Leonardo Ancizar Álvarez Jurado, como auditor líder aseguramiento y control de calidad (QA/QC) aeronáutico, perteneciente a la reserva activa de la FAC, es considerado un experto en gestión logística con más de veintitrés años de experiencia en el sector aeronáutico. Abordó el análisis del modelo gerencial de soporte al enfoque en gestión de activos aeronáuticos para el grupo técnico (GRUTE-93) del Comando Aéreo de Mantenimiento de la FAC, con lo que promovió la base para el desarrollo del análisis del valor corporativo desde el core de negocio, y sus aportes contribuyeron en términos del enfoque operacional versus el enfoque de negocio.

Halber Yecid Santos, como líder de planeación aeronáutica, perteneciente a la reserva activa de la FAC, es considerado un experto en gestión

1 Doctrina, Organización, Material y Equipo, Personal e Infraestructura.

logística con más de veintiocho años de experiencia en el sector aeronáutico. Abordó el estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de monitoreo de uso y salud en los helicópteros utilitarios (UH) configuración 60L de la FAC, y a través de un análisis de costos, presupuesto y prospectiva de flota promovió la importancia de aplicar herramientas para la maduración del modelo de mantenimiento aeronáutico.

Con las investigaciones mencionadas, entre otras, se ha consolidado este libro que pretende fomentar el desarrollo del pensamiento logístico con el soporte de una estructura ideal para abordar problemas, oportunidades y necesidades, de manera que se planteen objetivos y resultados clave, mitigando la entropía existente y llevando a la obtención de soluciones asertivas y pertinentes.

SECCIÓN I

La metodología de investigación aplicada a la logística con la articulación entre el liderazgo y las herramientas

Capítulo 1

Introducción a la metodología de investigación aplicada en la Maestría de Logística Aeronáutica

PREMISAS DEL CAPÍTULO

“La investigación para no investigadores es como quien escucha música sin tocar un instrumento; lo más natural es disfrutar mientras se genera nuevo conocimiento con la investigación aplicada”

“Todo problema requiere un método coherente para su solución”

YEISSON RINCÓN

CÓMO CITAR

Rincón Cuta, Y. A., Rincón Sandoval J. G., y Hoyos Gómez, F. (2024). Introducción a la metodología de investigación aplicada en la Maestría de Logística Aeronáutica. En *Metodologías aplicadas a la gestión de la logística aeronáutica*. Escuela de Postgrados de la FAC. <https://doi.org/10.18667/9786289646917>

Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 23

**METODOLOGÍAS APLICADAS A LA
GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA AERONÁUTICA.**

FORTALECIMIENTO DEL ENFOQUE DE
LIDERAZGO CON HABILIDADES DURAS
PARA UNA EFICIENTE PLANIFICACIÓN
AVANZADA DE LA CALIDAD

ISBN: 978-628-96469-0-0

E- ISBN: 978-628-96469-1-7

<https://doi.org/10.18667/9786289646917.01>

Bogotá, Colombia

Octubre, 2024

En este capítulo, se abordan herramientas para el desarrollo estandarizado de cualquier proceso investigativo. Se tiende a usar un lenguaje simple y orientado a inexpertos en la investigación, y a todo individuo o grupo que requiera un apoyo para el desarrollo de investigaciones como monografías, tesis de maestría, proyectos de innovación, etc. Así mismo, el capítulo busca apoyar el desarrollo de productos de investigación como artículos científicos, artículos de revisión o tan solo la construcción de marcos referenciales, por lo cual el alcance está dado por la meta establecida, los objetivos y la metodología seleccionada con base en las competencias y el perfil profesional del investigador. Con los elementos anteriores, el capítulo se promueve como herramienta integrada que apoya a todos los asesores de investigación con un enfoque de aseguramiento de la calidad de la investigación, en el contexto que prima los análisis personales de fuentes de información de alto impacto e identifica desde el inicio factores clave para el desarrollo de elementos innovadores; así que, en adelante, encontrará ideas clave para centrar la importancia en la narrativa.

Idea de investigación

Todo proyecto de investigación, toma de decisión o estudio de un fenómeno de investigación tiene un origen que puede ir desde lo más básico hasta lo más tecnificado de la industria. Este origen corresponde a la idea básica del proyecto, es decir, el objeto de investigación que se encamina a desarrollar y debe ser mínimo una iniciativa para solucionar un problema, aprovechar una oportunidad o explotar una necesidad. La logística aeronáutica se tomará como base de la narrativa para los ejemplos, a fin de relacionar el origen de una idea de investigación con la pertinencia de un programa de nivel de maestría, lo cual será un referente para las diversas investigaciones a desarrollar. Se busca fortalecer la consolidación del objeto de investigación, de manera que no queden interrogantes en la estructura para atender tanto la situación como las variables de estudio.

El origen de la idea de investigación

Los orígenes de una investigación están asociados con la sintomatología que da origen al objeto de investigación. Sin embargo, uno de los problemas

recurrentes en el desarrollo de la ideación es enfocarse en una situación problemática y no en sus síntomas. Querer abordar un problema sin conocer sus raíces es perder la oportunidad de encontrar las variables de mayor impacto y tal vez la base real que permitirá proyectar el concepto base para iniciar con la verdadera investigación. En este sentido, dar inicio a una investigación de manera ordenada y coherente con la temática significa establecer los factores clave durante las primeras etapas del proceso, articulando las premisas pertinentes a validar, como los argumentos para consolidar una propuesta robusta y que proyecte resultados importantes, a fin de resaltar el primer factor clave llamado tipo de razonamiento aplicado al componente temático.

Problema logístico

Es toda acción que lleve al desarrollo de un proceso de transporte, almacenamiento, abastecimiento y suministro en sus etapas de planeación, gestión, seguimiento y control, como factores básicos en la generación de valor.

Necesidad por condiciones de capacidades limitadas o restringidas

Se entiende como aquella condición que limita o restringe las acciones de un proceso, organización o cadena de abastecimiento. Se enfoca en la administración, gerencia o reingeniería para el uso adecuado de recursos como equipos, máquinas, herramientas, instalaciones, materiales, bienes e insumos para el desarrollo de productos, bienes o servicios de valor, de sostenimiento y/o administrativos.

Oportunidad de mejora

Desde una base documental de origen científico, informes de gestión o resultados operacionales de confiabilidad, se proyecta el desarrollo de estrategias para incrementar los niveles de cumplimiento evidenciados a través de los indicadores de eficiencia, eficacia o efectividad en el desarrollo de las operaciones logísticas y en los resultados organizacionales, con miras a la proyección de la productividad y el crecimiento sostenido de la organización.

Creación de nuevas capacidades

De acuerdo con los requerimientos y los resultados de los procesos, la validación de una necesidad u oportunidad para desarrollar condiciones propicias que conlleven al cumplimiento de los objetivos institucionales, mediante la articulación de recursos internos y externos; se fundamenta, en la proyección de nuevas capacidades que sean articuladas con el modelo de gestión y de asignación de recursos organizacionales para garantizar la independencia institucional, el sostenimiento de las funciones, la administración eficiente de los recursos y las capacidades actuales y futuras para el desarrollo de productos, bienes y servicios logísticos.

Proyectos macro de la FAC a desarrollar por Escuela de Posgrados de la FAC, a través de la Maestría en Logística Aeronáutica

Iniciativas de las diferentes áreas de soporte logístico llevan al planteamiento de propuestas de investigación basadas en necesidades de la FAC, son previamente aprobadas por las directivas y se convierten en requerimientos específicos para el desarrollo de formulación de proyectos de investigación.

Como se puede observar, el planteamiento de una propuesta exige un fuerte desarrollo de los conocimientos enfocados al objeto de investigación por parte del proponente. Por lo tanto, fundamentar las variables de estudio con base en el conocimiento de la operación interna, en buenas prácticas basadas en estándares y en resultados de organizaciones o procesos similares, conllevan a generar mayor valor agregado a través de la casuística e inferenciación organizacional en términos estratégicos, tácticos y operacionales.

De manera articulada, las herramientas metodológicas que propendan a romper barreras basadas en paradigmas de gestión e investigación, con el uso de recursos limitados, empiezan a desarrollar acciones de planeación, estructuración de procesos, estrategias de uso eficiente de recursos y de la gestión a través del uso de filosofías para el mejoramiento aeronáutico. Así, se da la oportunidad de mencionar referentes que abordaron de diferentes formas el cumplimiento de requisitos establecidos en leyes, jurisprudencia,

normas, reglamentos, etc., dándole al investigador factores clave a establecer para el desarrollo de la investigación en el contexto de **condiciones de éxito y fracaso logístico**, así como datos de entrada para evaluar la gestión de los recursos, proyectando obtener los resultados que permiten realizar la **comparación de herramientas y filosofías**.

A fin de conceptualizar lo anterior, se establece un orden en el desarrollo de los factores clave para la investigación. El **razonamiento temático** se fundamenta en la estructura base de la investigación. En el ejemplo del programa de Maestría en Logística Aeronáutica, se plantea identificar las necesidades institucionales que se fundamentan y articulan con las políticas de la FAC, lo cual sirve para establecer el marco de referencia para las líneas de investigación, como se presenta en la **Figura 1**. Cada una se profundiza y se explica en los capítulos siguientes de acuerdo con el aporte realizado.

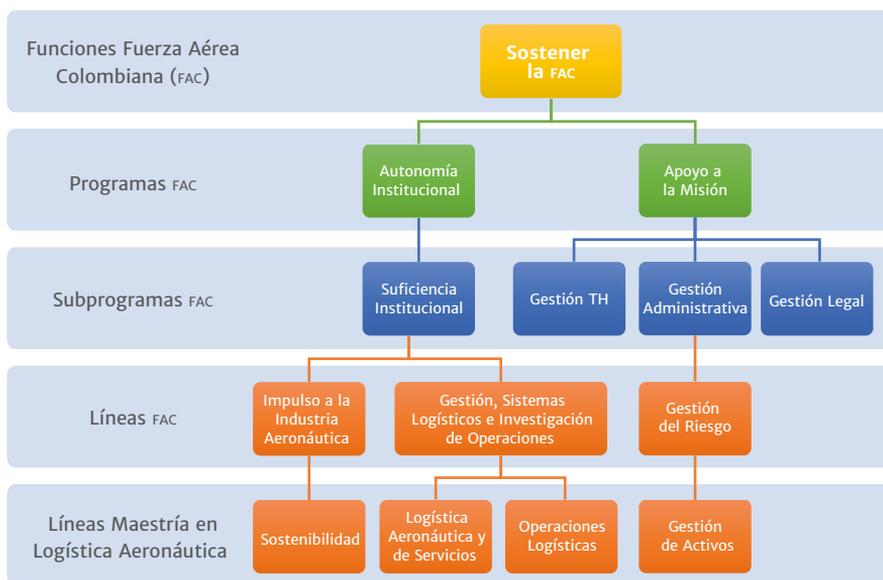


Figura 1. Estructura base de investigación de la Maestría en Logística Aeronáutica

Fuente: Documento Maestro 2020 de la Maestría en Logística Aeronáutica.

Con lo anterior como base temática, se empieza a cerrar el alcance de la investigación puntualmente en problemáticas reales, y las ideas comienzan a tomar forma en alineación específica con un marco de referencia que

permite identificar objetos de estudio. Con lo anterior, se originan las primeras premisas y palabras clave para buscar el avance de la idea, el soporte científico y técnico en un estado del arte. Aunado a esto, se da inicio a identificar elementos que existen en un mundo ya globalizado (entiéndase sectores aeronáutico civil, comercial y militar). Se marcan las pautas en términos de gestión para cada una de las acciones operativas y tácticas, dejando la estrategia y la selección de herramientas, metodologías y filosofías a la alta gerencia, a través del estudio de **factores de éxito y fracaso** documentados en otras organizaciones y comparándolas con la gestión interna de la unidad de análisis, a fin que, se elijan mediante dicha **comparación de herramientas y filosofías** que se deben desarrollar en la estructuración del estudio, propendiendo por el mejor aprovechamiento de los recursos.

Proyectando los productos de las investigaciones y los resultados esperados, se facilita el profundizar en el estudio de las herramientas y los métodos que permiten replicar los desarrollos en diferentes contextos, propendiendo por la estandarización de los recursos bajo condiciones similares que se pueden llegar a presentar. Continuando con el ejemplo en el marco logístico, se referencia la **Figura 1**, en la que se determina que si la investigación se orienta al apoyo de la misión, las propuestas pueden y deben estar encaminadas a la gestión administrativa de la logística, con un único enfoque de gestión del riesgo, aplicada en la gestión de activos logísticos. Para el caso de la FAC, se toma como alternativa de unidad de análisis las flotas aéreas, medios de transporte, maquinaria, herramientas y equipos, etc., para el adecuado cumplimiento de la misión institucional.

Modelo de construcción de una idea de investigación

Con base en modelos de mejoramiento continuo y en la propuesta de estandarización de prácticas de investigación, las incubadoras de empresas prometen la estandarización de un proceso que no suele tener el mismo inicio y por lo tanto genera muchos puntos de vista. Tomando como base la propuesta de la Norma ISO² 5801, se adapta el modelo presentado en la **Figura 2**, que explica gráficamente el proceso para consolidar la idea de

2 International standard Organizations

investigación; esto es, exponer las diferentes etapas en que se puede originar la idea y, con ello, determinar el camino coherente para validar el impacto del objeto de investigación y su relación con los diferentes componentes para fundamentar la propuesta.

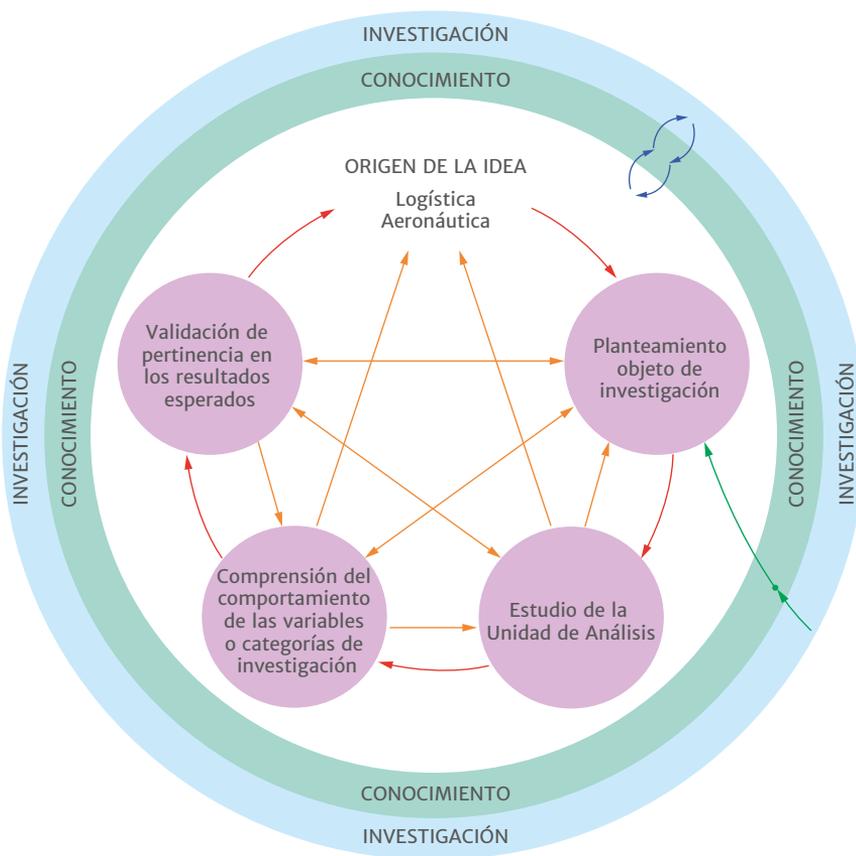


Figura 2. Modelo de construcción de idea de investigación

Fuente: Norma ISO 5801. Modelo Proceso I+D+i

En consecuencia, el modelo se centra en generar nuevo conocimiento y en profundizar en temáticas específicas para establecer alternativas a implementar, asegurando la pertinencia de la investigación desde el origen. En este punto de análisis, se propende a establecer la temática, el objeto de investigación, la unidad de análisis, la identificación de las variables de

investigación y la validación de la pertinencia de los resultados esperados, a través de la aceptación y el apoyo de la alta gerencia o quien lo patrocine.

El investigador debe saber que el planteamiento del problema es re-
troalimentado con la información de todas las demás etapas del proceso. Desde el dominio conceptual de la idea de investigación que permite seleccionar la fuente de información (unidad de análisis), como desde ayudar a desarrollar los resultados esperados del objeto de investigación desde un enfoque de análisis establecido en la definición de los criterios de estudio (variables o categorías de análisis), teniendo como base el acceso a la información y la validación de la investigación, así como la base de conocimientos metodológicos en el área de estudio.

En este orden, la investigación puede originarse a partir de otra investigación, de un conocimiento previo (casuística), de una ideación estructurada, de una situación problémica, de una necesidad organizacional o de una oportunidad de mercado, con lo cual la idea de investigación ya seleccionada debe madurarse en una propuesta de investigación con base en los elementos necesarios para el desarrollo de la pregunta de investigación.

¿Cuál es el **objeto de investigación**? O en palabras más sencillas: ¿cuál es el propósito de la investigación?, ¿qué se requiere solucionar?, ¿qué necesidad se quiere satisfacer?, o ¿qué oportunidad se explotará? Las preguntas tienden al aumento de los beneficios organizacionales o con impacto social, por lo cual, se empiezan a establecer herramientas como la matriz de evaluación de factores internos y externos (MIME) para validar la capacidad de la organización para cumplir un propósito; la matriz de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA), y la matriz que define cómo confrontar, afrontar, mantener y eliminar (CAME) los diferentes elementos evidenciados en la matriz DOFA, lo anterior, permite abrir las alternativas de mejora con las experiencias externas y la evaluación de las capacidades internas.

Así mismo, los estudiosos en metodología de investigación presentan un propósito para cada tipo de investigación. Por ejemplo, el tipo descriptivo pretende abordar un problema sin la intervención del investigador, y el tipo explicativo pretende estudiar la causa raíz de una problemática. Una descripción básica lleva a determinar el enfoque y el tipo de razonamiento orientador para los análisis a realizar, a fin de establecer la estructura metodológica que será desarrollada durante la investigación. Por lo tanto, lo

primero es definir el tipo de razonamiento y posteriormente el tipo de metodología para así abordar el conjunto de premisas que fundamentan los análisis del enfoque de razonamiento, con lo que se establecen las diferentes herramientas y técnicas metodológicas pertinentes para proyectar el estudio y definir los instrumentos con los que recolectar información para analizar, inferir y concluir con base en los resultados esperados a obtener. El factor clave en la investigación es determinar el contexto de los resultados esperados. Se presentan seis ejemplos en la **Tabla 1**.

Puede parecer difícil coordinar e integrar tantos conceptos diferentes y tan específicos. Sin embargo, como se presenta en la **Tabla 1**, cinco de estos conceptos permiten consolidar la pregunta de investigación que establecerá la brújula para encaminar a las herramientas metodológicas, y esta pregunta a su vez está articulada con el título de la investigación, el objetivo general y los objetivos específicos, consolidando lo que se llama *coherencia investigativa*, alineada con la estructura ya abordada en la **Figura 1**. Es importante la consciencia de que todo elemento mencionado debe estar plenamente definido por el investigador, así que se le invita al lector a revisar el material adicional en Excel, donde encontrará la tabla para el desarrollo de este propósito.

Elementos clave para consolidar la base temática de la investigación

A partir de aquí, se abordarán los conceptos de manera puntual para conscientizar al investigador o tomador de decisiones acerca del cumplimiento de cada uno de los pasos establecidos en la **Figura 3**. Los requerimientos de cada paso de la investigación y cómo cumplirlos, entre otros términos, ya se encuentran inmersos en la etapa de planeación del proyecto. Aplicar los conocimientos técnicos y metodológicos adquiridos para ser lo más detallado en la conformación de la estructura y del alcance de la investigación se considera una herramienta básica y que permite construir la lista de verificación que soportará el cumplimiento de cada elemento. Así mismo, la redacción y la verificación del cumplimiento de cada uno de los elementos serán más sencillos e importantes para la defensa de la propuesta de investigación.

Tabla 1. Desde el objeto de investigación, la pregunta de investigación

Objeto de investigación	Unidades de análisis	VARIABLES dependientes	Marco geográfico	Contexto (orientador pregunta)	Pregunta de investigación	Línea de investigación
Nivel de alistamiento	Proveedores FAC	<ul style="list-style-type: none"> - Alistamiento - Sostenibilidad 	Industria Aeroespacial Colombiana	Estandarizar la gestión de calidad aeroespacial	¿Cuál es el nivel de alistamiento de los proveedores FAC frente a los estándares de gestión de calidad aeroespacial para su aporte en el alistamiento y la sostenibilidad en la Industria Aeroespacial Colombiana?	Impulso al sector aeronáutico / sostenibilidad
Planeación por capacidades	Capacidades de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidades - Recursos - Presupuesto - Metodologías 	Fuerza Aérea Colombiana	Condiciones que deben articularse	¿Qué condiciones deben articularse para que el planteamiento de la gestión por capacidades permita desarrollar la planeación presupuestal por capacidades de mantenimiento en la FAC?	Gestión, sistemas logísticos e investigación de operaciones / logística aeronáutica y de servicios
Modelo de abastecimiento	Flota TH-67	<ul style="list-style-type: none"> - Confiabilidad - Modelo de integración de filosofías - Productividad Total Mantenimiento (TPM) - Oficina Gerencia de Proyectos (PMO) 	Comando Aéreo de Combate	Basado en confiabilidad	¿Cómo optimizar el modelo de abastecimiento basado en confiabilidad para la flota TH-67, integrando la filosofía TPM y la metodología PMO?	Gestión del riesgo / gestión de activos

Continúa

3 Tactic Helicopter

Objeto de investigación	Unidades de análisis	Variables dependientes	Marco geográfico	Contexto (orientador pregunta)	Pregunta de investigación	Línea de investigación
Distribución material reservado	Pedidos de entrega y/o despacho en el almacén de ESARM-534	<ul style="list-style-type: none"> - Distribución espacial - Capacidad de almacenamiento - Tiempos de respuesta 	Comando Aéreo de Combate	Desarrollo de un análisis integrado de variables	¿Cómo a partir del desarrollo de un análisis integrado de variables se mejora la distribución espacial y se optimiza la capacidad del material reservado, en función de los tiempos de respuesta a los pedidos de entrega y/o despacho de material en el almacén de ESARM-534 del CACOM-5?	Gestión del riesgo / gestión de activos
Mejora de los procesos de abastecimiento	Fase de mantenimiento de 2000 horas del equipo AC-47T	Elementos requeridos, materiales e insumos, repuestos y material aeronáutico	Comando Aéreo de Mantenimiento	Diseñar una herramienta	¿Es pertinente diseñar una herramienta que aporte en la mejora de los procesos para la adquisición de los elementos requeridos, materiales e insumos, repuestos y material aeronáutico, para la realización de la fase de mantenimiento de 2000 horas del equipo AC-47T?	Gestión del riesgo / gestión de activos
Eficiencia en la cadena de valor	Inspecciones programadas de 120 horas en la flota UH-60	Mudas en el mantenimiento	Comando Aéreo de Mantenimiento	Qué componentes Lean llevarían a aumentar la eficiencia	¿Qué componentes Lean llevarían a aumentar la eficiencia en la cadena de valor en las inspecciones programadas de 120 horas en la flota UH-60 bajo el enfoque de eliminación de mudas en el mantenimiento del CACOM-5?	Gestión, sistemas logísticos e investigación de operaciones / logística aeronáutica y de servicios

Fuente: *elaborador por el autor*

Nota: Cada elemento corresponde a una tesis de maestría diferente del programa de Maestría en Logística Aeronáutica, con productos terminados y sustentados a jurados, y entregados a las unidades donde corresponde la solución planteada; son de consulta en la biblioteca de la Escuela de Posgrados FAC.

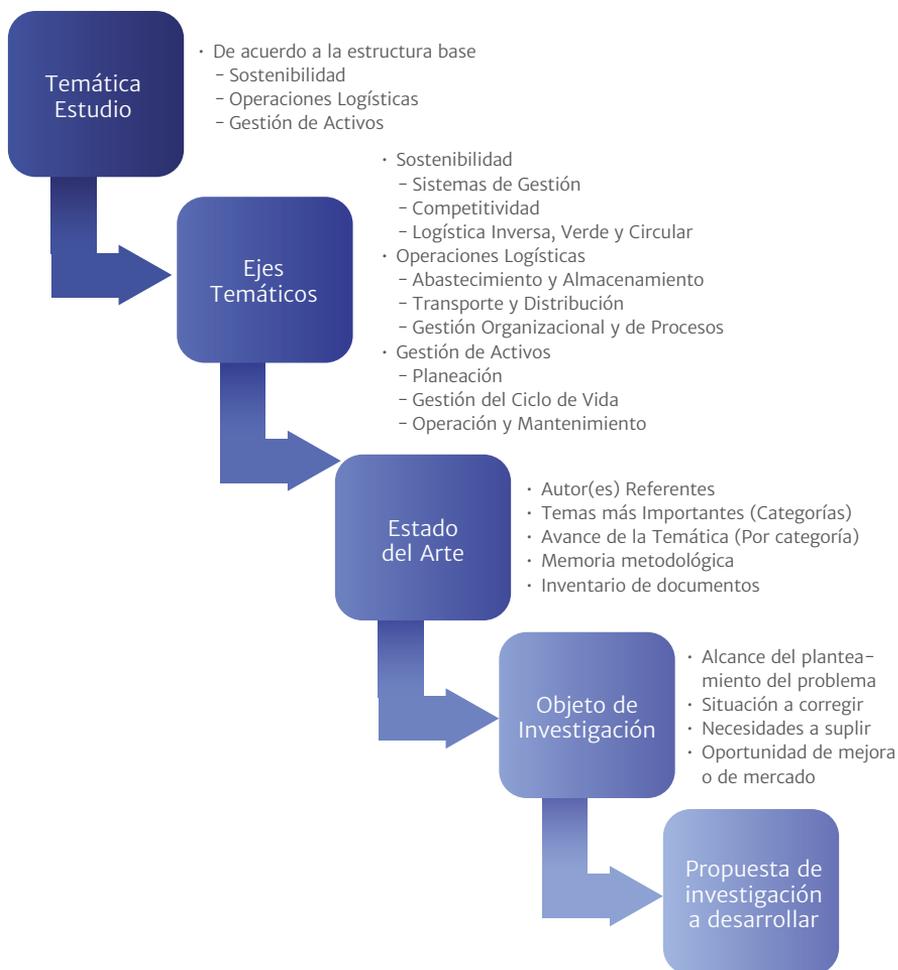


Figura 3. Ejemplo delimitación alcance objeto de investigación

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: Se presenta el paso a paso para cerrar el alcance de la propuesta de investigación con la definición del objeto de investigación.

Objeto de investigación

Los elementos que deben ser garantizados en el planteamiento ya se han abordado en la **Figura 3**. Con ello, se visualiza la necesidad de tener una estructura clara. Así como para el logístico aeronáutico los elementos en el ejemplo son sostenibilidad, operaciones logísticas y gestión de activos,

para un profesional en seguridad y defensa de bases pueden ser inteligencia y contrainteligencia, entre otros establecidos en el Manual de Doctrina Básica Aérea, Espacial y Ciberespacial de la FAC. De tal modo, se garantiza la calidad del proceso con argumentos de **factibilidad** en el desarrollo de la investigación, de **novedad** y de **innovación**, con elementos **actuales** y definiendo el **máximo lapso** para la aceptación de fuentes científicas. En escenarios ideales, se proyecta que se pueda llevar a la implementación, y por lo tanto, la delimitación del alcance está centrada en la definición de los factores siguientes:

- **Factibilidad:** Consiste en poder desarrollar la propuesta, en tener los recursos técnicos y tecnológicos, como las capacidades y debe encontrarse especificado en las líneas de investigación establecidas. Véase el ejemplo de la **Figura 1** para mantener el contexto de la logística aeronáutica. Así mismo, debe ser susceptible de estudiarse, en el entendido que deben existir los recursos disponibles como el tiempo, el acceso a la información y a las fuentes, y los permisos especiales a la información confidencial para analizarla, el grado de dominio del tema y las fuentes de financiamiento.
- **Novedad o innovación:** Si bien una investigación innovadora no puede garantizarse, la novedad en los resultados de la investigación debe ser garante de la no duplicación de los temas investigados. Los resultados deben responder al desarrollo de aportes nuevos en el conocimiento, en el uso de metodologías o en el mejoramiento de la gestión. Por lo tanto, en el campo de la logística aeronáutica se propende a fortalecer la novedad en uno de los resultados clave de todo proceso, producto y método para la optimización o mejora del impacto en los resultados. Así las cosas, establecer el valor agregado, la ventaja competitiva o la solución esperada para la propuesta es la base para el desarrollo de la investigación.
- **Actualidad:** La investigación debe ser actual y aplicable, los resultados esperados aportan al área de conocimiento y a la institución fuente de estudios, todo resultado obtenido puede ser de nuevo conocimiento, de comprobación o en términos de refutar los resultados de otros investigadores que abordaron el mismo objeto de investigación.
- **Utilidad:** La investigación debe ser útil para llevarla a la aplicación.

- **Delimitado:** La investigación debe ser precisa y concreta, eliminando ambigüedades que distraigan al investigador del proceso a desarrollar.

Unidad de análisis

Con base en la definición del objeto de investigación, se debe determinar: zona espacial, zona procesal, zona de negocio, agrupaciones, procesos o fenómeno de estudio a abordar, y del cual se va a obtener la información, a fin de desarrollar los análisis y la inferencia a emitirse por el investigador, a través del uso de herramientas y métodos definidos, fundamentados y articulados con el objeto de investigación. En el contexto abordado, se representa mediante la definición de una o más flotas de aeronaves, medios de transporte, unidades militares aéreas, escuadrones, talleres, equipos, herramientas, capital humano, etc. Por lo tanto, establecer cómo se extraerá la información significa consolidar un marco metodológico, y definir los instrumentos o herramientas metodológicas, que deben estar alineadas teóricamente con el tipo metodológico y técnicas de investigación. Los referentes al objeto, al tipo y el enfoque de la investigación permitirán consolidar la pertinencia de la unidad de análisis para el objeto de estudio y las fuentes de información.

Variables o categorías de investigación

Existen tantas expresiones de variables como profesionales y conocedores de la metodología de investigación, pues están fundamentadas por la base temática que aborda la profesión del investigador. Sin embargo, en términos logísticos, los aspectos que pueden ser estudiados convergen en la definición de los llamados *criterios de decisión* o *factores de análisis* que en el término numérico es la variable. En palabras sencillas, es el parámetro o evento susceptible de análisis, y dependiendo del cambio de estado, cualquier definición proyecta la misma necesidad y es la definición de qué medir y cómo se medirá, por lo cual toda variable está asociada a un enfoque y a un tipo metodológico. Sin embargo, en la **Tabla 2** se evidencian otros conceptos que deben tenerse en cuenta, siendo preciso ahondar en este concepto, que es el centro de gravedad del objeto de investigación y la razón de consulta de la unidad de análisis.

Tabla 2. Relación general de variables y categorías

Enfoque de las variables		Categorías de análisis	Tipo de variable	
Cuantitativa	Cualitativa	Representa un concepto durante la investigación para explicar los resultados parciales y finales del proceso investigativo desde las ciencias sociales y humanas.	Independiente	No depende de ninguna otra.
Continua	Nominal		Dependiente	Los valores dependen de los que asuma otra(s) variable(s) independiente(s).
Discreta	Ordinal		Interviniente	Interviene entre dos variables modificando o alterando con su propio contenido las relaciones que existen entre esos dos elementos.
Otras variables		Contextuales	Catégoricas	Ocultas

Fuente: *Compilación realizada por Bernal-Torres (2016) y Hernández-Sampieri (2014).*

Nota: Se precisan las diferentes formas de nombrar las variables. En términos de un matemático, el enfoque es cuantitativo y cualitativo; en términos de un profesional en ciencias sociales, las variables cualitativas se llamarían *categorías de análisis*.

Ejemplo definición variables “Velocidad”

Al evidenciar la importancia de la definición de las variables, se resalta la gran confusión entre la variable dependiente y la independiente, aun teniendo el significado de cada una, dado que las variables dependientes e independientes pueden cambiar su tipo, dependiendo cómo se recoge, organiza, analiza, inferencia y concluye con base en la información recolectada. En términos básicos, en el ejemplo del cálculo de la velocidad de un objeto, el comportamiento del dato se vincula con la fórmula básica «velocidad igual a distancia por unidad de tiempo». Determinar la velocidad dependerá de la distancia a recorrer previamente definida en un lapso determinado, por lo cual el tiempo y la distancia son parámetros en un contexto dado. En consecuencia, para el análisis de la velocidad de una aeronave, se presentan los parámetros anteriores y con ellos se analiza cómo mantener una velocidad que recorra la distancia en el tiempo requerido. Así, nace la necesidad de establecer y aplicar una metodología para procesar la información de las siguientes variables independientes: combustible, altitud, carga y pasajeros. En la **Tabla 5**, se aborda con mayor detalle el ejemplo.

Ejemplo manejo variables “Cualitativas”

Las variables con enfoque cualitativo se expresan en nominales cuando los estados de la variable no tienen un orden específico. El ejemplo más usado

se presenta en la identificación de tuberías con la aplicación de la norma IRAM⁴ 2507, la cual establece el sistema de seguridad para la identificación, por medio de colores y leyendas, de los fluidos conducidos en toda instalación e infraestructura. Así mismo, se presenta el ejemplo en la **Tabla 3**; como se denota allí, no se requiere construir conceptos ni estados, ya existen en la norma y se convierten en el criterio a investigar. Continuando con el enfoque ordinal del cualitativo, son los que presentan estados con un orden evidente.

Tabla 3. Variable y los estados con enfoque nominal

Variables →	Fluido (Variable 1)	Color básico de identificación (Variable 2)
Estados de la variable →	Gases inflamables	Amarillo
	Ácidos	Anaranjado
	Aire	Azul
	Otros vapores	Gris plateado
	Agua	Verde
	Álcalis	Violeta
	Aceites vegetales, animales y minerales	Marrón

Fuente: Basado en la norma IRAM 2507.

Nota: Extracto del listado de colores para la identificación del tipo de fluido en una tubería.

Así mismo, para las variables cualitativas ordinales, se presentan los ejemplos utilizando la escala de Likert, instrumento del psicólogo Rensis Likert, creado en 1930 y todavía vigente. Ha sido ampliamente utilizado en investigaciones en ciencias sociales para definir de manera ordenada conceptos asociados a las dimensiones (pequeño a grande), el impacto y las probabilidades (bajas a altas), entre otros ejemplos en una escala de cinco pasos. Aunque la definición y la cantidad de niveles en la escala lo establecen la necesidad y la cantidad de estados de la variable estudiada, lo anterior se ve complementado bajo el concepto aplicado por Taherdoost (2017) como una evolución indirecta del concepto, citando el trabajo de Saaty (2012). El desarrollo de su metodología de proceso analítico jerárquico utiliza la siguiente tabla para un análisis de elementos del mismo nivel, por lo cual permite establecer los criterios para evaluar los estados de las variables.

4 Instituto Argentino de Normalización y Certificación

Siendo así el proceso de ponderación, se presenta el orden según el grado de importancia y relevancia de un criterio a otro, así se podría inferir que los elementos cualitativos se pueden manejar de manera cuantitativa.

Tabla 4. Escala de importancia

Escala	Descripción de la escala de importancia
1	Igualmente importante a la preferencia
2	De igual a moderadamente importante a la preferencia
3	Moderadamente importante a la preferencia
4	De moderada a fuerte importancia frente a la preferencia.
5	Fuertemente importante a la preferencia
6	De fuerte a muy fuerte de importancia frente a la preferencia.
7	Muy fuerte en la importancia frente a la preferencia.
8	De muy fuerte a extremadamente importante frente a la preferencia.
9	Extremadamente importante frente a la preferencia.

Fuente: *adaptado de Saaty (2012)*.

Nota: La definición de cómo se pondera una variable cualitativa es procedente de la metodología usada. Así como la metodología de Likert en encuestas, está la propuesta de análisis sobre la importancia para evaluar la jerarquización entre factores pareados por la importancia e influencia.

Ejemplo manejo variables “Cuantitativas”

En logística aeronáutica, se propende a investigaciones con variables de enfoque cuantitativo. Evaluar el cambio de cantidades y dimensiones abarca casi todos los conceptos de distancia, tiempo, carga, inventario, costo, consumo y rotación, entre otros. Así mismo, en términos conceptuales, los indicadores deben estar asociados con el concepto que se utiliza para validar el cambio de cada variable, con lo cual la evaluación de procesos y flujos está asociada con la eficiencia y la efectividad.

Con lo anterior, se relaciona la fórmula para la redacción de variables en un proyecto de investigación que está enmarcado en la redacción de estas, por lo que, se sintetiza en los siguientes términos, el sustantivo del objeto o fenómeno de estudio, con el indicador que precisa la forma de estudiarlo, así entonces la primera y segunda columna de la **Tabla 5** se consideran los ejemplos de estos dos elementos, el contexto, permite explicar la importancia de la variable y la relevancia con el objeto de estudio, por lo que se invita al lector que requiera practicar la redacción de variables, remitirse al contenido digital en la hoja de cálculo Titulada Variables.

Tabla 5. Ejemplos de construcción de variables cuantitativas y una cualitativa

Nombre de variable	Indicador	Unidad de medida (estado variable)	Tipo de variable	Enfoque de variable	Redacción de variable de estudio	Contexto (asociado con la unidad de análisis) (variable)
Combustible	Consumo	Libras / hora	Continua	Cuantitativa	Consumo de combustible	En el transporte de carga entre unidades militares aéreas A y B...
Combustible	Cantidad	Libras	Discreta	Cuantitativa	Cantidad de combustible	La _____ que se carga para la aeronave que traslada personal de Bogotá a San Andrés.
Combustible	Cantidad	Galones	Continua	Cuantitativa	Cantidad de combustible	Almacena el tanque en el comando aéreo de transporte la _____.
Combustible	Calidad	Viscosidad dinámica (pascal / segundo)	Continua	Cuantitativa	Calidad de combustible	Que se almacena en el tanque ubicado en clima caliente la _____.
Abastecimiento	Tiempo	Lead time	Continua	Cuantitativa	Tiempo de abastecimiento	En la compra de llantas de la aeronave el _____.
Proceso	Tiempo	Minutos	Discreta	Cuantitativa	Tiempo de proceso	En el mantenimiento de 120 horas el _____.
Transporte	Tiempo	Horas	Discreta	Cuantitativa	Tiempo de transporte	En el traslado de componentes aeronáuticos el _____.
Tiempo	Proceso	días	Discreta	Cuantitativa	Tiempo de proceso	En la inspección de la flota aérea el _____.
Carga	Volumen	m ³	Discreta	Cuantitativa	Volumen de carga	La capacidad de almacenamiento es el _____.
Pasajeros	Cantidad	Unidad	Discreta	Cuantitativa	Cantidad de pasajeros	La capacidad de la flota de aeronaves es de _____.
Armamento	Carga	Peso (kg / lb / g)	Discreta	Cuantitativa	Carga de armamento	En el despliegue del teatro operacional la _____.
Color	Tonalidad	RGB / YBR	Nominal	Cualitativa	Tonalidad de color	En la inspección de ensayos no destructivos la _____.

Fuente: elaboración propia.

Nota: Se mencionan ejemplos con los cuales se puede relacionar el contexto de una investigación con la variable de investigación; se aborda en términos aeronáuticos, pero es fácilmente aplicable a todo concepto logístico.

En este momento, el lector ya tiene las herramientas para consolidar quizá lo más importante para definir al inicio de la investigación que es el objeto de investigación, la unidad de análisis y las variables que limitarán la proyección de los análisis siguientes. Sin embargo, falta la investigación del primer componente que se abordó en este capítulo: el marco referencial. Ahora, vamos a profundizar en los conceptos para un adecuado desarrollo de este marco, con un norte que es la variable de investigación definida.

Cabe señalar que el estudio de las variables, en la mayoría de los casos, nos exige que debamos conseguir datos y construir la información, siendo la capacidad técnica y el conocimiento de los datos la primera base del investigador. En este sentido, cuando un individuo empieza a buscar información, puede encontrarse con el primer obstáculo de todo proceso investigativo novedoso o innovador: construir de manera objetiva un contexto que permita establecer un punto comparativo con las acciones que se requieren para dar la solución esperada al término de los análisis y, en consecuencia, para la definición de los hallazgos. Actualmente, existen herramientas digitales que permiten tener información base, proveniente de organismos de control y otros especializados en Big Data.

Ejemplo de obtención de gran cantidad de datos

En la actualidad, los datos se encuentran en la red o en páginas web. Un ejemplo básico son las herramientas para la extracción de datos georreferenciales para los procesos logísticos; en este caso, todo aplicativo de “*web scraping*” permite extraer direcciones, datos de contacto y nombres, entre otros elementos que están presentes en acceso abierto. El proceso es sencillo y actúa como un robot (RPA⁵) que automatiza copiar la información de una base de datos a un repositorio en el cual se registran organizadamente los datos de texto que posteriormente, se consolidarán como base para hojas de cálculo o en aplicativos especializados como Anylogistix, Flexsim, Promodel, Arena, etc., que permitirán consolidar modelos y simulaciones de escenarios diseñados por el investigador. Como ejemplo, la **Figura 4** presenta la interfaz gráfica del aplicativo Botsol, uno de tantos proveedores

que pueden ser parte de la obtención de información. Así mismo, y en complemento, se relaciona el Anexo 1, por lo cual la consolidación de información dependerá de los recursos que tenga el investigador para abordar cada una de las variables que plantea o las evidencias en las estructuras ya definidas por diferentes autores. Por ejemplo, Kaoru Ishikawa se considera un gurú de calidad y presenta el diagrama de dispersión y el diagrama bivaria- ble, que permite consolidar información como en la **Figura 5**.

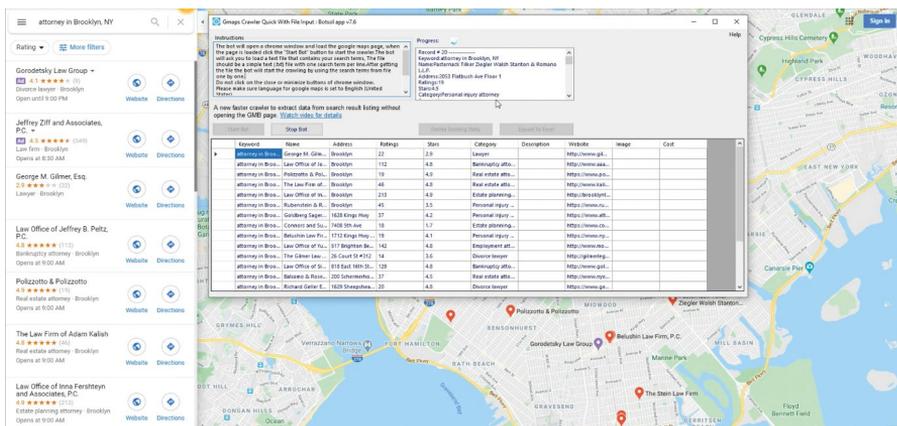


Figura 4. Ejemplo de *web scraping*

Nota: Imagen tomada de un video demostrativo de aplicativo *web scraping*⁶. Se presenta cómo el aplicativo extrae los datos publicados en Google Maps y los organiza en una estructura matricial, con lo cual se pueden exportar a diferentes aplicativos de análisis.

El desarrollo de los análisis subsiguientes dependerá del contexto en el que se realice la investigación, el cual como se ha abordado, conlleva a la definición de un planteamiento metodológico que fundamente el método elegido para el desarrollo de soluciones o estrategias enfocadas al atender una situación problemática. De acuerdo con la logística aeronáutica del sector defensa, existen lineamientos de soporte en mantenimiento, abastecimiento de componentes y productos aeronáuticos, de certificación, entrenamiento, sostenimiento de cada flota, de soporte a las operaciones militares, así como *operacionales* de gestión humanitaria, abastecimiento

6 Consultar: <https://www.botsol.com/bots/google-maps-crawler-quick>

de carga, tropas o despliegue de la fuerza para la defensa del país. En el Manual de Mantenimiento Aeronáutico y de Doctrina Básica de la FAC, se encuentran definidos los conceptos técnicos y operacionales. En este orden, consolidar un marco conceptual permite al lector de cualquier obra científica aplicada concienciar los elementos para el fortalecimiento de los objetivos y resultados de la investigación (como esquemas de seguridad aérea, procesos de certificación, sostenibilidad de la aeronavegabilidad, confiabilidad de los equipos dinámicos y calidad de los procesos).

La relevancia del marco referencial

Para iniciar cualquier investigación orientada a solucionar una situación problemática, se debe partir de conceptos y realidades asociadas a la raíz de la problemática, esto considerado como las premisas en torno al objeto de investigación. En el 99% de los casos, se desconocen por parte del investigador al iniciar el proceso de análisis, llevando a una consulta preliminar de documentos científicos, informes y data de entrada adicional fundamentada en términos de las variables estudiadas y evidencias que soporten hallazgos. Sin embargo, el dominio de la casuística táctica es de gran soporte para inferenciar sobre la información consultada en diferentes fuentes primarias, a su vez siendo complementada con las fuentes secundarias y terciarias, lo cual obliga a quien desarrolla una investigación científica o de profundización el fundamentar una solución pertinente a la situación planteada, asegure que el problema planteado no ha tenido o tiene solución inmediata con una toma de decisión con datos mínimos, lo que un tomador de decisiones experimentado podría hacer con gran experiencia, llegando a sesgar el escenario de estudio. En consecuencia, elementos clave en la investigación se orientan a identificar los temas importantes (*topics*), los autores y las fuentes de mayor impacto en el desarrollo de un estado del arte, como base documental para fundamentar una propuesta innovadora o novedosa.

De llegarse a evidenciar que el problema ya ha tenido solución, la investigación debe aumentar de nivel de profundidad temática de acuerdo con las conclusiones y recomendaciones del primer autor. El desarrollo del análisis teórico llevaría a refutar o a argumentar la solución encontrada previamente, siendo de mayor impacto el planteamiento metodológico,

incluso llegando a la implementación y entrega de resultados, lo cual lleva a una inversión mucho mayor de recursos para un investigador independiente, teniendo como referencia lo siguiente:

“El marco referencial se actualiza hasta el último día de la investigación”

Contenido general del marco referencial

El marco referencial es la sumatoria de todos los aportes obtenidos a través del análisis de las diferentes fuentes de información. Un investigador o autor de un producto científico o empresarial debe asumirlo como la necesidad de comprender el avance teórico, conceptual, tecnológico y práctico del objeto estudiado, también asociado con el término *benchmarking*. Sin embargo, al ser más específico en lo que refiere a su estructura final, se hace claridad de que en este apartado lo principal es la inferenciación del autor / investigador / profesional, entre otros roles que desarrollen la investigación.

Marcos principales que se orientan a la inferenciación de la factibilidad y viabilidad en el desarrollo de la propuesta

Desde una perspectiva general basada en un mundo competitivo, se encuentran el marco tecnológico, el marco legal y normativo, y el marco contextual, con las siguientes diferencias:

- **Marco tecnológico:** Aborda elementos de infraestructura, *software*, redes, conexiones, arquitectura informática, telecomunicaciones, maquinaria, herramientas y en general cualquier elemento técnico, llevando a incluir la parte técnica asociada con los conocimientos por parte del personal a tener en cuenta en el desarrollo de un proyecto o proceso. El producto de este marco es determinar cómo desarrollar el proceso de manera pertinente y productiva, determinando el uso adecuado de los recursos tecnológicos.
- **Marco legal y normativo:** Presenta la consolidación del análisis de influencia de leyes, decretos, resoluciones, normas y reglamentos, entre

otros que condicionan o promueven en alguna forma la propuesta a validar por parte del investigador. En este apartado, se busca validar la factibilidad de realizar el producto esperado de la investigación y las condiciones exigidas que orientan a la identificación de recursos ocultos o no identificados de manera preliminar para el logro del objetivo. El ejemplo básico es tener un profesional de seguridad y salud en el trabajo para el desarrollo de procesos industriales, quien no se involucra en el proceso, pero es una exigencia legal.

- **Marco contextual:** Más allá de describir un lugar, un ambiente o un espacio geográfico, consiste en abordar una temática desde parámetros establecidos como parte de las variables de investigación y sus estados. Este marco tiene como objetivo explicar, en los mismos términos abordados por el marco situacional, cómo se desarrolla un proceso, un componente o una gestión, y cómo se ha logrado alcanzar resultados por parte de otros actores que propenden por alcanzar los mejores resultados frente al mismo objeto de estudio establecido para el desarrollo de la investigación, en aras de identificar factores clave de éxito o fracaso. Como fuentes de estudio se encuentran: estudios de caso, casos de éxito, informes de gestión, informes de auditoría, informes de rendición de cuentas, artículos de investigación, investigaciones científicas o eventos de debate en temáticas específicas.

Los anteriores, son considerados marcos principales en el desarrollo del análisis inicial, para comprender la influencia en términos de oportunidades y amenazas originadas desde el sector económico y el sector científico, partiendo del objeto de estudio. Llevando a la necesidad de entender cómo otros han abordado el estudio de estas amenazas y aprovechado las oportunidades para obtener mejores resultados. Así, se configuran los parámetros clave para el desarrollo del estado de arte, que funge como filtro científico para la solución de problemas con base en planteamientos ya documentados que evidencian tópicos, estructuras, políticas y demás parámetros que permiten controlar y visualizar condiciones desconocidas por parte del investigador. En esencia, el estado del arte de una investigación está limitado por la influencia de diversos factores y el análisis correlacional de las diferentes variables y métodos utilizados para inferir sobre el objeto de estudio.

- **Estado del arte:** George-Reyes (2019), quien plantea una estrategia metodológica para elaborar el estado del arte como un producto de investigación educativa, relata que es el estado de desarrollo de un tópico práctico y tecnológico, desde un concepto generalizado por diferentes autores, a través de instrumentos como la matriz de análisis de contenido bibliográfico (ya relacionada en el Capítulo 1 y la cual se entrega como anexo a este libro, de manera que el lector pueda desarrollar la consolidación de toda la información y se entienda su propósito).

En términos de la investigación, el autor generalmente presenta una justificación para el desarrollo de una propuesta y a la alta gerencia de una organización, dado que requiere productos factibles que lleven a mejores beneficios. La identificación de las oportunidades de mejora, se enmarca en el análisis de los procesos inherentes al objeto de investigación, en algunos casos inexistentes, en otros casos no estandarizados y en el peor de los casos desorganizados e improductivos. Para el desarrollo de productos tangibles de una investigación, se requiere validar las fortalezas y debilidades de la unidad de análisis para el logro de resultados, lo cual completa la información requerida para el desarrollo de herramientas de análisis como lo son (DOFA, PESTEL, MIME, BCG, etc.). Estas herramientas propenderán a establecer un primer análisis de pertinencia de políticas establecidas para el objeto de estudio desde los enfoques de planeación, gestión, seguimiento y control de procesos a desarrollar por la unidad de análisis estudiada, así como de su zona de influencia.

- **Marco situacional:** Es el análisis realizado a través de la estructuración de la casuística interna del proceso, delimitada por la correlación de variables y su vínculo directo con la unidad de análisis y la zona geográfica en donde se desarrolla la investigación del objeto de estudio. Su base de planteamiento metodológico permite establecer un cuadro comparativo entre las prácticas realizadas y las buenas prácticas estandarizadas por organizaciones internacionales, bien sean autoridades o entes de control. De esta manera, se articula con el marco contextual y propende al desarrollo de la inferenciación por parte del autor de la investigación. Como ejemplo, se tiene la estructura organizacional, la cual debe abordar cómo se tiene planteada la comunicación

formal y cuáles son las particularidades durante el desarrollo de los procesos. Esto permite establecer factores de éxito o de fracaso, con ello, desarrollar la contrastación de los factores basado en las variables de estudio, con las actividades de otras organizaciones, en pro del mejoramiento continuo, y la identificación de brechas para la formulación de estrategias con soporte en metodologías, herramientas, teorías, técnicas y la toma de decisiones administrativas.

Marcos principales desde el contexto científico

Se entiende la propuesta de investigación desde la referencia teórica que la fundamenta, de los conceptos específicos para entenderla, hasta el método (paso a paso para el logro de los resultados) y la metodología (fundamentación bajo una estructura cognitiva), con el propósito de validar los resultados obtenidos. Por consiguiente, se menciona:

- **Marco teórico:** Como parte fundamental para el desarrollo cognitivo, científico y crítico de un investigador, se debe describir y explicar la teoría y su aplicación en el desarrollo de la investigación, con lo cual se parte del concepto, su definición, estructura y componentes, en aras de alinear el planteamiento metodológico para alcanzar cada uno de los objetivos planteados.

Como ejemplo, se aborda la teoría de la comunicación organizacional, se deben explicar los componentes clásicos, humanistas, de sistemas, etc., estableciendo cuáles componentes son aplicables para el desarrollo de la investigación. Con esto, el investigador establece un conjunto de actividades ya diseñadas desde la teoría y le permite el diseño propio de su investigación y la proyección de los resultados. Otros ejemplos serían la estructura organizacional desde la propuesta del TOGAF y la ingeniería de métodos y movimientos.

- **Marco conceptual:** En el desarrollo de una temática, se elaboran nuevos conceptos o aplicaciones, lo eventual se enmarca en el proceso de justificar a través del análisis de los planteamientos de otros investigadores, la aplicación práctica y específica al contexto de la propia investigación de manera que en el desarrollo y en la emisión de los resultados, le sean clara la definición y el porqué de cada variable y su

correlación. Es así como se explica a los interesados acerca de los elementos y componentes complejos inherentes de los resultados. Entre las complicaciones para la aceptación de un concepto, se encuentra que este no se hubiere abordado en otro contexto, por lo que el investigador debe hacer una profundización de la raíz del concepto en términos teóricos. Así mismo, si el concepto es un nuevo modelo o componente de uno ya planteado, debe recurrirse a la explicación gráfica, de manera que el interesado en la investigación entienda la nueva propuesta o conocimiento desarrollado.

- **Marco metodológico:** Es el apartado de la investigación en donde se articula la estructura cognitiva, como se verá en la **Figura 14** con la proyección de obtener resultados, explicando el cómo abordar el desarrollo de la pregunta de investigación planteada, en esta misma se aborda la definición de las variables de investigación, conllevando a determinar el tipo de razonamiento, el tipo de metodología, el enfoque metodológico y el método específico a desarrollar, aunque siempre es posible consolidar una combinación de diferentes conceptos y consolidar una nueva propuesta, con lo que es pertinente abordar el planteamiento del paso a paso a desarrollar, con herramientas de recolección, organización y análisis que permita inferir sobre toda la información de entrada y obtenida, de manera que sea factible llegar a conclusiones. En resumen, se explica el cómo alcanzar la meta de cada objetivo; conceptualmente se consolida la fundamentación metodológica pertinente al campo científico y técnico del cual hace parte el objeto de estudio.

Listado de marcos complementarios u opcionales dependiendo de la investigación

- **Marco político:** Permite el desarrollo de la inferenciación por parte del autor con base en el análisis de las políticas organizacionales y de las políticas asociadas con buenas prácticas, que han sido emitidas por organizaciones especializadas y que son aceptadas en el sector de influencia del objeto de estudio.
- **Marco social:** Permite establecer el impacto del proyecto en todas las partes interesadas, las cuales se clasifican principalmente en dos perspectivas: directos, que son todos aquellos que hacen parte de los

procesos inherentes al objeto de estudio; complementándose con, los indirectos los cuales son afectados tanto en lo positivo como en lo negativo, durante y al terminar el proyecto, son clasificados porque no son parte de los procesos que generan valor al objeto de estudio.

- **Marco ambiental:** Permite establecer la factibilidad, la viabilidad y el impacto al medio ambiente, resultado del desarrollo de la propuesta, generalmente orientado a identificar estrategias para la mejora de los procesos y la eliminación o reducción de la huella de carbono. Así mismo, presenta la oportunidad de mejorar los beneficios para la unidad de análisis en el contexto económico y de calidad de vida de las partes interesadas.
- **Marco económico:** Permite establecer el monto económico, la factibilidad de la aplicación de la propuesta desde la identificación del costo, el presupuesto y los recursos a utilizar para el desarrollo de la propuesta.
- **Marco financiero:** Permite establecer la viabilidad de la aplicación de la propuesta desde la identificación de las fuentes de suministro de los recursos económicos establecidos para el desarrollo del proyecto, con base en la programación de actividades para el desarrollo de la propuesta.

En este orden de ideas, los marcos complementarios dependen del propósito de la investigación y son indispensables para su nivel de profundización. En algunas investigaciones, son la pieza principal para sustentar los mayores beneficios de los resultados de la propuesta de investigación. En la **Tabla 6**, se presentan ejemplos.

Tabla 6. Identificación de marcos complementarios

Propósito de investigación	Enfoque de las Variables de estudio	Marco complementario
Benchmarking	Productos, Canales de servicios, branding y procesos	Marco estratégico
Competitividad	Productos, servicios y procesos	Estudio de mercado
Sostenibilidad	Impacto ambiental, logística Verde	Marco ambiental / marco de sostenibilidad
Vigilancia tecnológica	Tecnología	Marco tecnológico

Fuente: *Elaboración propia.*

Introducción al contexto referencial

Este apartado conlleva a la relación de información, evidencias y hallazgos que fundamente la respuesta a interrogantes asociados al comportamiento del dato de las variables estudiadas; estudiar la relación de los factores y elementos de cada problemática, permite identificar una oportunidad o establecer el fundamento de una necesidad, a fin de argumentar y relacionar la casuística y los resultados en la gestión interna de la unidad de análisis. conllevando al investigador a identificar las mejores prácticas vistas desde un estado del arte o un marco teórico y/o conceptual. Por ende, la correlación de la información contextual con el marco situacional evidenciará las brechas para el establecimiento de una hipótesis coherente con la investigación.

Ejemplo gráfico líneas

Se relaciona el índice de Gini en la **Figura 5**, en el cual se muestra la herramienta gráfica para el análisis del comportamiento de los datos históricos que permiten evidenciar tendencias y presentar el primer análisis en los antecedentes, que permite comparar los datos de cada variable, frente a la perspectiva del marco situacional, el marco contextual, el estado del arte que hace referencia al objeto de investigación estudiado, tomado como ejemplo para la unidad de análisis de los países suramericanos.

Las herramientas alternativas pueden ser: gráficas, líneas de tiempo, diagramas de afinidad y diagramas de árbol, entre otras que correlacionen diferentes variables, se establece visualmente el fundamento válido que permite sustentar el desarrollo de la investigación con base en el objeto de investigación y sujeto a la unidad de análisis.

De acuerdo con el Banco Mundial, entre los años 1980 y 2017, el índice de Gini (el indicador que mide la desigualdad entre variables específicas) refleja la desigualdad de los ingresos per cápita que existe entre las clases altas y bajas.

Se puede observar en la **Figura 5** que las tendencias del índice de Gini en Argentina, Brasil y Chile tienden a disminuir su relación, aunque la medición en Chile muestra claros comportamientos discretos; sigue estando por encima del 50 % en Brasil y por encima del 45 % en Chile, y en Argentina está cerca del 40 %.

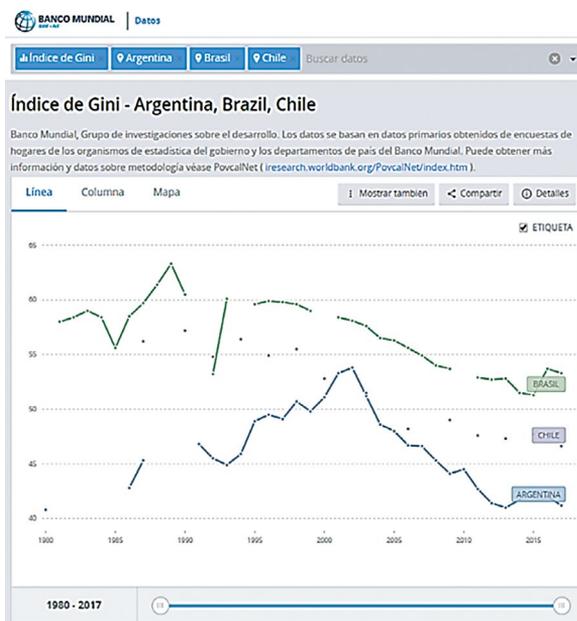


Figura 5. Herramienta de análisis índice de Gini

Fuente: Base de datos del Banco Mundial.

Ejemplo gráfico ciclo de vida

La **Figura 6** sustenta el ciclo de vida de un clúster. Esto sirve como esquema teórico que permite relacionar datos con una estructura dividida por fases, etapas, componentes o elementos que, posteriormente, permite visualizar secuencias o elementos clave para la gestión eficiente, así como validar en cuál etapa se encuentra un clúster y con ella inferenciar lo requerido; es decir:

- Si el clúster estudiado se encuentra en primera etapa emergente o naciente, se evaluarán variables y/o categorías de análisis basadas en factibilidad.
- Si el clúster se encuentra en la segunda etapa de crecimiento, se evaluarán estrategias de ataque o de explotación de las oportunidades del mercado.
- Si el clúster se encuentra en la tercera etapa de sostenimiento, se evaluarán las variables estratégicas o las categorías de análisis relacionadas con estrategias de tipo resistencia o mantenimiento.

- Si el clúster se encuentra en la última etapa de madurez, y disminuye su participación en el mercado o en términos de capacidades, se relacionarán estrategias de supervivencia.

Dado lo anterior, relacionar una estructura es fundamental para el desarrollo de la explicación de un problema.

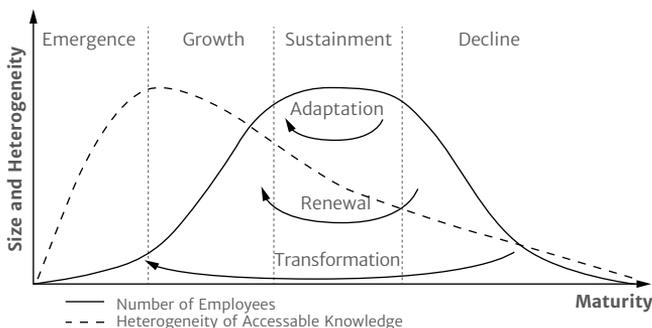


Figura 6. Dimensiones cuantitativas y cualitativas del ciclo de vida del clúster

Fuente: Menzel y Fornahl (2007, p. 218).

En general, las estructuras básicas de estudio de un objeto de investigación tendrán relación con términos estadísticos, tendencias, técnicas de series de tiempo, metodologías y filosofías, entre otras teorías evidenciadas en el proceso investigativo, como se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Ejemplo de relación de filosofías, metodologías y técnicas de investigación

Filosofías	Metodologías	Técnicas de investigación	Herramientas de análisis y resultados
Mejoramiento continuo	PHVA	Brainstorming	Diagrama de afinidad
	PHEA	Encuesta	Causa raíz
	DMAIC	Entrevista	Árbol de problemas
	Modelos de excelencia operacional	Toma de tiempos	Diagnóstico
		Observación directa	
Flexibilización	Lean	Grupos focales	Matrices de excelencia
	TPM	Revisión documental	Value stream mapping
	JIT	Datos históricos	Matriz X
	Kanban		Diagramas de flujo de datos y materiales
	BPMN		Diagramas de proceso

Continúa

Filosofías	Metodologías	Técnicas de investigación	Herramientas de análisis y resultados
Planeación	KATA	<i>Brainstorming</i>	Tendencias
	Hoshin Kanri	Toma de tiempos	Proyecciones
	PMI	Observación directa	Metodologías de seguimiento proyectos
	SCRUM	Grupos focales	Dinamización de mantenimiento
	Pronósticos	Revisión documental	Jerarquización
Mantenimiento	Presupuestos	Datos históricos	
	Correctivo, preventivo, predictivo, basado en condición por uso	Proceso analítico jerárquico	<i>Supply chain management</i>
	Confiabilidad	Grupos focales	
Gestión del riesgo	Fiabilidad	Revisión documental	
	HFAC	Datos históricos	
	SMS	Grupos focales	Matriz de riesgos
	RAC	Revisión documental	
	BASC	Datos históricos	
	ISO		

Fuente: *elaboración propia*.

Contexto situacional

Como introducción se desarrolla en los antecedentes, el planteamiento del problema, la justificación para articularse con el marco situacional; se explican los orígenes y la madurez de la problemática, así como la justificación en términos de solución al problema de investigación, explotación de la oportunidad o satisfacción de una necesidad. En este caso, se relacionan datos históricos, estadísticas, informes de gestión, consolidados nacionales, cifras oficiales, resultados comparativos con base en normas, reglamentos o tendencias, etc. Se abordan en forma de hitos que facilitan tratar elementos importantes y organizar la información relacionada con el objeto de investigación. Como ejemplo, se visualiza la **Figura 7**.

El marco situacional presenta como resultados el entendimiento de la problemática, necesidad u oportunidad y los impactos manifiestos hasta la fecha en que inicia la investigación; lo que se hace en gráficos de tendencias Pareto, Ishikawa, DOFA, PESTEL y entre otros que permitan identificar las variables del problema de investigación.

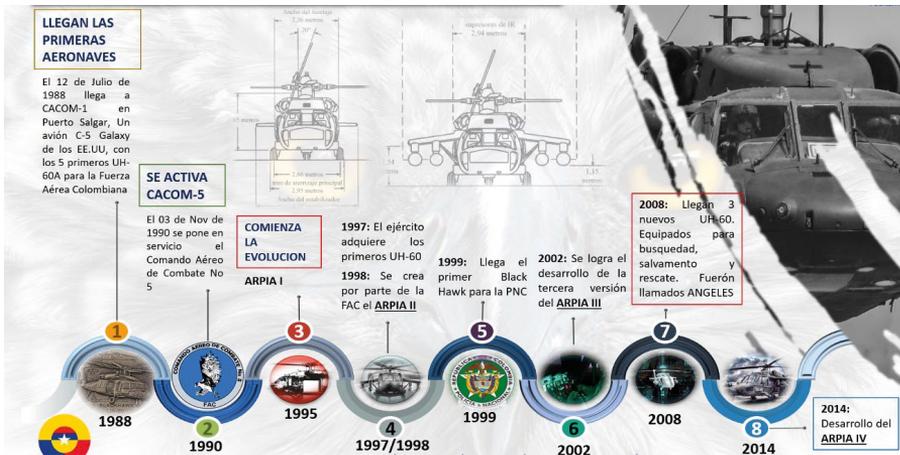


Figura 7. Ejemplo de antecedentes

Fuente: Santos (2019).

Análisis contextual

La descripción de los factores de la investigación como lugares, ambientes, personas, herramientas, equipos y procesos de gestión, entre otros que se han relacionado en el marco situacional como gestión interna, deben ser considerados elementos base a investigar en el contexto. Existe un mundo conectado y el conocimiento es globalizado, tomar los mismos conceptos permitirá consolidar variables o categorías de análisis, que a través de un razonamiento analógico permita hacer contraste entre la casuística de la institución y un mundo competitivo. El propósito clave del marco contextual es entender y/o comprender cuáles son los aspectos para intervenir a través de la información obtenida de otras investigaciones, manuales y publicaciones en libros, revistas, periódicos, etc.

La herramienta base para el desarrollo de la consolidación de esta información, se orienta a la matriz de análisis y de referenciación, las cuales están unificadas y son material de descarga adicional al libro, y es explicada a continuación.

Matriz de referenciación

El instrumento recomendado es la matriz de referenciación, compuesta por tres componentes que deben garantizarse metodológicamente para la

consecución de la coherencia investigativa y la pertinencia de cada referencia. Cada componente tiene los parámetros enlistados a continuación.

COMPONENTE 1- INFORMACIÓN DEL DOCUMENTO SELECCIONADO:

Relaciona toda la información para citar correctamente un documento:

- **AUTOR:** Nombre(s) de (los) autor(es), sea personal o institucional.
- **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:** Nombre del documento investigado.
- **REVISTA / ADMINISTRADOR BASE DATOS / INSTITUCIÓN:** Nombre de la fuente de publicación del documento investigado.
- **NIVEL DE CALIDAD REVISTA:** Se enmarca el nivel en el que esta indexada la revista para el año de emisión del documento a referenciar, lo que puede ser niveles Q1 - Q2 - Q3 - Q4.
- **UBICACIÓN:** Lugar, sitio o repositorio en donde se recupera el documento investigado.
- **ENLACE-DIGITAL:** Se indica el enlace donde se visualiza el documento investigado.
- **ÁREA DE APLICACIÓN:** Se relaciona el área de logística, preferiblemente logística aeronáutica, donde se aplicó la investigación que originó el documento investigado.
- **CITA:** El texto completo como debe citarse en el documento investigado.
- **DESCARGABLE:** Diligenciar 'Sí' o 'No'. Especificar condiciones de acceso en caso de la indicación 'No'.
- **TIPO DE DOCUMENTO:** Se registra como libro, revista, artículo científico, revisión, expertos, periódico, manual, norma, ley, etc.
- **AÑO DE PUBLICACIÓN:** Se indica el año de publicación del documento, que no puede superar los cinco años. Únicamente con la autorización del tutor metodológico o director técnico, incluir referencias científicas o de fondo con máximo diez años⁷.

COMPONENTE 2 - CONTENIDO TEMÁTICO PERTINENTE DE LOS DOCUMENTOS: Relaciona la información estructurada en cinco elementos para consolidar un análisis que ayude a extraer el aporte de la investigación

7 De no encontrarse la fecha de publicación, referenciar la fecha de consulta, siempre y cuando se compruebe la actualidad y veracidad de la cita.

citada. Debe ser pertinente y alineado con un tópico de la temática de la investigación, y con mínimo uno de los objetivos específicos. El propósito es referenciar en la investigación elementos de valor que fundamentan la propuesta de investigación final. El texto no debe ser copia del total o parte del texto original de los documentos leídos, sino una síntesis que permita elaborar un texto técnico y conceptualmente sustentado para incluir en el estado del arte y demás numerales del marco referencial del documento. Para garantizar la coherencia y la pertinencia del aporte en la investigación propia, se debe diligenciar lo siguiente:

- **ABSTRACT / RESUMEN:** Se diligencia el extracto del documento investigado, que le aporta a la investigación propia. Se tiene en cuenta, para aceptar una referencia, la similitud entre objeto de investigación, metodología y resultados.
- **METODOLOGÍA:** Referencia el proceso metodológico del documento estudiado (método, metodología específica⁸ y técnica de investigación) para llegar a resultados; es decir, cuál es el paso a paso para el desarrollo de cada objetivo.
- **RESULTADOS:** Relacionar los análisis hechos en el documento investigado y la consecución de los resultados obtenidos por cada técnica de investigación y herramienta de tratamiento de la información.
- **CONCLUSIONES:** Indicar el logro o desarrollo final de cada objetivo y la inferenciación producto de los resultados del documento investigado.
- **RECOMENDACIONES:** Son las recomendaciones del autor del documento investigado, que aplican al desarrollo de la investigación y permiten seleccionar la relación con la investigación propia.

COMPONENTE 3 - RELACIÓN CON LA INVESTIGACIÓN PROPIA: Es la relación directa del documento referenciado con los objetivos específicos del proyecto de investigación en desarrollo. Así mismo, ayuda a identificar los temas recurrentes en las investigaciones (llamados *tópicos*), y esto permite definir cuáles son las tendencias en:

8 Metodología específica puede ser en logística: TPM, CBM, RBM, AS 9100, ASME, Lean, SIX Sigma, BPMN, DMAIC y SCOR, entre otras.

- Investigación
- Metodologías específicas
- Métodos de investigación
- Enfoques de investigación
- Técnicas de investigación
- Resultados y conclusiones

Marco legal y normativo

Permite referenciar toda ley, resolución, jurisprudencia, decreto, norma, reglamento, manual, etc., que establezca requerimientos, condiciones, características o beneficios que afecten el objetivo, el objeto y la unidad de análisis de la investigación. Para el desarrollo de un proyecto de investigación, se establece el estudio de factibilidad legal en una matriz llamada *normograma*, el análisis específico asociado al objeto de estudio se incluye en el cuerpo del documento.

Tabla 8. Normograma

Documento	Origen / emisor	Numeral / artículo	Componente	Descripción	Restringe / beneficia
-----------	-----------------	--------------------	------------	-------------	-----------------------

Fuente: *elaboración propia*.

Nota: Formato con campos obligatorios para el desarrollo de una matriz que consolide la información clave extraída de documentos legales, normativos e institucionales, y analizada para la elaboración del fundamento de la propuesta a desarrollar. Se puede complementar con los campos adicionales que se requieran para el tema específico.

En la **Tabla 8**, se diligencia la siguiente información:

- Documento: Ley General Ambiental de Colombia – Ley 99 de 1993, Decreto 1791 de 1996, Resolución 8321 de 1983.
- Origen / emisor: Ministerio de..., ISO, Ideam.
- Numeral / artículo: Se indica de manera individual en la fila el(los) artículo(s) específico(s) que interviene(n) en la investigación.
- Componente: Se relaciona el concepto puntual que afecta en la investigación (maquinaria, repuesto, inventario, suelo, aire, ambiente, etc.).

- Descripción: Se relaciona detalladamente cómo afecta el requisito explícito en el componente previamente mencionado, considerado factor crítico en la investigación.
- Condición: Se diligencia si Restringe / Beneficia. El propósito es agilizar el manejo de la información para el análisis de pros y contras del objeto de investigación y la hipótesis o posible solución.

Desarrollo del marco conceptual

Se relacionan conceptos clave para entender el planteamiento del problema en el desarrollo de la investigación y/o los resultados⁹, a fin de construir un concepto innovador aceptado por la comunidad científica. Se requiere que el proceso esté soportado con datos obtenidos de una fuente primaria bien estructurada metodológicamente, con lo cual se asegura su rigor de calidad, objetividad, pertinencia y validación. Sin embargo, también existe el recurso de contextualizar un concepto específico para aplicarlo en la propuesta en desarrollo; y para ello se debe identificar que el planteamiento del concepto estudiado se ha realizado por otros autores para que tenga el reconocimiento como producto con calidad académica, de ser posible en el mismo campo de investigación o unidad de análisis.

Si lo anterior no es posible, se recomienda seleccionar un mayor número de fuentes sobre el mismo concepto en diferentes fuentes científicas, posteriormente, se realiza el análisis cruzando los diferentes conceptos de los autores estudiados para inferir un concepto propio, este será la base en el desarrollo de la investigación y permitirá a otros investigadores entender el planteamiento realizado, por lo tanto el desarrollar la matriz de referencia-ción como base para la estructuración de la información consultada, permitirá mayores avances en el desarrollo de otros elementos de la investigación. Para dar cumplimiento a lo anterior, se propone el desarrollo de la metodología a través de la **Tabla 9**, que le permitirá al investigador establecer el concepto, referenciar el autor estudiado, sustentar la pertinencia del concepto del autor a través de la definición del contexto y la temática específica tratada por cada autor; con la anterior información se valida el concepto por parte del investigador.

9 No es un glosario, el cual es opcional y debería ser numeral diferente.

Tabla 9. Ejemplo matriz para desarrollo marco conceptual

Concepto	Autor estudiado	Contexto de aplicación del concepto por parte del autor estudiado	Temática en que se aplica el concepto	Concepto descrito por el autor estudiado	Descripción del concepto consolidado	Variable relacionada con el concepto	Aspecto(s) clave del concepto en la investigación
Razonamiento	FOD, 2014	Toma de decisiones	Ingeniería	Capacidad para resolver problemas, extraer conclusiones y aprender de manera consciente de los hechos, estableciendo conexiones lógicas necesarias entre ellos.	El razonamiento es la forma mental más elevada que proporciona la capacidad para resolver problemas, a través del análisis de elementos, hechos, situaciones o premisas que pueden ser ciertas o falsas; así mismo, estos llevan a inferir nuevos argumentos y llegar a conclusiones que fortalecen el conocimiento desde diferentes tipos de interrelación de criterios.	Estrategia para relacionar los datos iniciales para llegar al resultado. Premisa inicial Premisa final	Selección de los tipos de razonamiento aplicados para resolver el problema.
	UAEH, 2019	Teórico	Académica	Forma mental más elevada, que permite sacar juicios partiendo del resumen de otros ya ganados. Los razonamientos pueden ser deductivos, inductivos y analógicos.			
	Granda, 2015	Humanístico	Social	Se expresa en la argumentación o el conjunto de afirmaciones relacionadas de manera tal que uno de ellos, llamado conclusión, se infiere de los otros, llamados premisas.			

Fuente: elaboración propia.

Al determinar el concepto, el investigador debe establecer la importancia, esta se encuentra relacionada directamente con mínimo una de las variables de investigación especificadas para el proyecto, tal cual como se relaciona en la **Tabla 5** del capítulo 1 del presente documento.

De acuerdo con la estructura de la **Tabla 9**, se realiza el análisis de los conceptos de razonamiento ya documentados vistos desde diferentes perspectivas temáticas. Sin embargo, esto lleva a la inferenciación a partir de ellos, considerados premisas primarias, y a través de la deducción se construye el concepto principal aplicado a la investigación del problema en curso, con lo que se fundamenta la necesidad del mismo y su correlación con las variables previamente definidas y asociadas a las premisas establecidas inicialmente. En consecuencia, se comprueban las premisas planteadas de acuerdo con los antecedentes del objeto de estudio, delimitando el alcance del proceso de investigación para la toma de decisión, la definición de una solución y el desarrollo de una estrategia o propuesta. El factor clave de lo anterior está basado en consolidar datos fiables.

Planteamiento metodológico inicial

Abordar una investigación debe tener una perspectiva definida. Así como un individuo cambia su resultado según la hora que observa en un reloj solar (ver **Figura 8**), un investigador puede cambiar sus resultados, conclusiones y recomendaciones conforme a su nivel de inferenciación y la perspectiva “tipo de razonamiento” con que interactúa frente a las fuentes de información, en este caso las variables como la escala de medición, el grosor del estilete, la posición para la medición; con lo anterior, se puede validar cada una de estas variables, para configurarlas como criterios de decisión con los que el tomador de decisiones o responsable de llegar a la solución de un planteamiento problemático debe construir un escenario de acción.

Debe entenderse que toda fuente de información tiene que analizarse previamente. El pequeño ejemplo del reloj solar permite relacionar cómo un investigador puede incluir una teoría en esta perspectiva y los tipos de razonamiento a estudiar.

El planteamiento de los proyectos de investigación de la Maestría en Logística Aeronáutica debe mantener una metodología planteada por el estudiante o investigador principal; debe tener coherencia y pertinencia en

todo concepto y debe partir de alguna de estas perspectivas, las cuales difieren de acuerdo con los autores, el razonamiento realizado, las fuentes de información y el contexto de aplicación; como se puede inferir, la solución de cualquier planteamiento problémico debería soportarse con esa misma estructura, dado que el fundamentar una decisión es un factor clave para validar los resultados obtenidos en cualquier gestión.



Figura 8. Reloj solar

Fuente: *Los experimentos.com* (3 de marzo de 2020).

Tipos de razonamientos

Para el desarrollo de las investigaciones, se debe articular la temática, el equipo investigador y la forma con la cual se mantendrá una base de análisis conceptual, así como se abordó en el ejemplo del reloj solar, siguiendo la línea temática abordar en términos de la logística y en el caso del énfasis aeronáutico, para entender lo anterior, en la **Figura 12** se alinean los cuatro elementos transversales a cada uno de los siete ejes temáticos de la logística aeronáutica, que a su vez impacta a la logística de servicios y al sector defensa.

Dado lo anterior, se toma como ejemplo la base temática como un marco inicial, con lo cual la articulación del personal y el eje temático pertinente en específico permite asociar el tema con el método, como se presenta en la **Figura 1**, conllevando a definir un alcance en términos de filosofías, metodologías y herramientas presentadas en la **Tabla 7**. Por lo tanto, el investigador o facilitador de una solución, debe definir cómo se

abordará la investigación, la forma y el tipo de razonamiento, así fundamentará la base metodológica y el paso a paso básico para la concreción de resultados. En la **Tabla 10**, se abordan las premisas para identificar el tipo de razonamiento y con ello proyectar los resultados esperados de la investigación. Por lo tanto, definir el origen del planteamiento de problema como una oportunidad, una necesidad o un problema es la premisa para desarrollar los ejemplos de las **Tablas 11, 12 y 13**. Para muchos pensadores, existen similitudes entre la base del tipo de razonamiento deductivo (ver **Tabla 11**) e inductivo (ver **Tabla 12**), sin embargo, su planteamiento es totalmente diferente. Con el fin de abordar de una manera más sencilla esta diferenciación se abordará también ejemplos de la lógica abductiva (ver **Tabla 13**). Cada uno de ellos señala una base para establecer la hipótesis de investigación considerada como la segunda premisa y es la que se orienta como la respuesta de la pregunta de investigación que se requiere resolver, por lo tanto, comprobar cada una de las inferencias que parten de premisas ciertas o validadas como base para establecer la coherencia y el norte de la investigación es el propósito metodológico.

Tabla 10. Tipos de razonamiento

Tipo de razonamiento	Primera premisa	Segunda premisa	Resultado esperado	Observación
Inductivo	Parte de argumentos específicos o particulares ciertos.	Propuesta general con base en la primera premisa.	Validación de la segunda premisa.	Llevaría a una propuesta novedosa basada en su aceptación previa, en múltiples unidades de análisis diferentes, aunque pertinentes al objeto de investigación estudiado.
Deductivo	Parte de argumentos generales ciertos.	Propuesta orientada a un concepto específico con base en la primera premisa.	Validación de la segunda premisa.	Inicia con la definición de la teoría, y de esta se derivan expresiones lógicas que el investigador somete a prueba.
Abductivo	Parte de un argumento validado, comprobado y aceptado.	Se desarrolla con base en los resultados de la primera premisa.	Validación del resultado final de todas las premisas.	Llevaría a comprobar diferentes etapas para la validación y aceptación de una propuesta novedosa, desde un proceso articulado con el objeto de investigación.

Fuente: Hernández-Sampieri et al. (2014) y en Bernal-Torres (2016).

Nota: Los conceptos estudiados permiten validar, a través de la lógica deductiva, la síntesis de los elementos planteados, teniendo como producto final el resultado esperado en el planteamiento de una hipótesis y el producto final del proceso investigativo.

Relacionar el tipo de razonamiento con el planteamiento del problema y los resultados esperados le permite al investigador mantener visualmente la coherencia investigativa de todo el proceso investigativo, en este caso se presenta la misma relación con la pregunta de investigación y la hipótesis planteada.

Conforme a lo anterior, establecer el tipo de razonamiento es clave en la definición del planteamiento del problema de investigación. Ahondando en el tipo deductivo, que parte de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular. Como ejemplo, el *glider* en la **Figura 9**, se aborda desde el concepto de aeronavegabilidad y el diseño de la misma, que se encuentra normado por autoridades de control y por los fabricantes. Por ello, se plantean tres premisas, a partir de las cuales se deducen algunos términos que pueden empezar a fundamentar un problema, una necesidad, una oportunidad o la solución del problema de investigación planteado.



Figura 9. Glider / Planeador FAC

Fuente: FAC (2016).

Para reforzar la conceptualización y aclarar lo que muchos pensadores afirman acerca de las similitudes de los tipos de razonamiento inductivo, deductivo y abductivo, se pretende abordar con más sencillez esta diferencia. En la **tabla 11**. Cada uno de los ejemplos señala una base para establecer la hipótesis de investigación con la inferenciación de la segunda premisa; por lo tanto, comprobar cada una de las inferencias es el camino para consolidar resultados oportunos a cada objetivo propuesto.

De acuerdo con el razonamiento deductivo, se establecen tres argumentos diferentes generales para inferir tres premisas específicas, una para cada enfoque del planteamiento del problema.

Tabla 11. Ejemplos de razonamiento: deducción

Ejemplo	Premisa:	Se deduce qué	Planteamiento de problema
Primero	Es un <i>glider</i> / planeador	No despegar autónomamente.	Oportunidad
Segundo	Largas y delgadas alas	Tiene menos resistencia aerodinámica. Pierde menos velocidad que otros aviones.	Innovación Innovación
Tercero	No tiene motor	Requiere energía externa para despegar.	Problema

Fuente: *elaboración propia.*

El tipo inductivo permite llegar a conclusiones generales que pueden ser válidas solo si las premisas en que se basa el razonamiento son verdaderas, es decir que deben ser verificadas. Actualmente, pueden validarse a través de lo que la ciencia determina como comprobado o cierto. El filósofo inglés Francis Bacon (1561-1626) fue el primero que propuso un nuevo método para adquirir conocimientos: el método científico, con base en el razonamiento desde las premisas específicas y la consolidación de elementos de carácter general, a continuación se presentan 3 ejemplos.

Tabla 12. Ejemplos de razonamiento: inducción

Ejemplo	Premisa:	Induce qué	Planteamiento de problema
Primero	Es un <i>glider</i> / planeador	Todo planeador requiere un medio externo para despegar.	Problema
Segundo	Largas y delgadas alas		
Tercero	No tiene motor		
Primero	Tiene alas	Toda aeronave debe tener diseño para la maniobra durante el aterrizaje.	Necesidad
Segundo	Tiene tren de aterrizaje		
Tercero	Tiene alerones		
Primero	Función específica	El diseño de una aeronave debe responder a una relación de sustentación / potencia.	Oportunidad
Segundo	Alto consumo de combustible		
Tercero	Costos de hora vuelo económicos		

Fuente: *elaboración propia.*

El ejemplo más claro en el avance abductivo se presenta en proyectos planeados tipo cascada, en los que para desarrollar una fase posterior de un proyecto de investigación se requiere que la etapa actual tenga fiabilidad, certeza y aceptación, garantizando la validez del proceso. Dicho lo anterior, se plantea la necesidad de establecer los hechos que explican la verdadera problemática de investigación, es decir, los llamados *antecedentes*, con los

cuales un investigador adopta un rol libre de egos, con la disposición de identificar y comprender la situación actual en la unidad de análisis, así como de desarrollar un marco contextual que permita validar diferentes oportunidades para dar respuesta al objeto de investigación.

Tabla 13. Ejemplos de razonamiento: abductivo

Ejemplo	Premisa	Se abduce / infiere	Planteamiento de problema
Primero	El aeroplano realizó vuelo en la mañana. Hubo excelente meteorología. El aeroplano tiene golpes en su fuselaje.	Se chocó con elementos extraños entre los cuales puede haber aves.	Problema
Segundo	Los hundimientos en el fuselaje causados por choques con aves generaron fisuras en otras partes que no fueron golpeadas. Los resultados de los ensayos no destructivos indican fisuras.	Requiere reemplazo de piezas del fuselaje.	Necesidad
Tercero	El diseño del prototipo del aeroplano sufre demasiado con cualquier choque, incluso con el viento. La aeronave pierde velocidad con gran rapidez.	Se requiere hacer modificaciones al diseño del fuselaje para mejorar su aerodinámica y resistencia.	Oportunidad

Fuente: *elaboración propia.*

¿Entonces debo seleccionar un tipo de razonamiento para desarrollar mi investigación?

Conforme a todo lo anterior, la respuesta del lector debe ser Sí. Como complemento, hay que resaltar que los tipos de razonamiento dependen de la investigación y de cómo se requiera abordar, bien sea que se deduzca, se induzca, abduzca o se infiera algo, terminará con la base de lo que se llama *hipótesis*. Aunque no todas las investigaciones tienen una hipótesis por su nivel de complejidad y de avance científico, cuando se aborda temas logísticos y estos se alinean con métodos, fundamentación metodológica y herramientas ya existentes, la fundamentación del diseño debe orientarse a la eficiencia, conllevando al requerimiento de proyectar una hipótesis que parta de:

- Antecedentes
- Planteamiento del problema

- Estado del arte
- Marco contextual (indagación preliminar del sector / competencia / sustitutos / homólogos).
- Marco situacional (conciencia situacional del entorno casuístico de la unidad de análisis).

Esto lleva también a los métodos sistemáticos, recursivos y/o repetitivos, lo cual converge en el buen uso de las herramientas encontradas en la literatura técnica y científica. Entre las herramientas para consolidar la gran cantidad de información se le recomienda al lector usar la matriz de referenciación¹⁰, que permite condensar y promover la inferenciación del investigador con base en los análisis de la información pertinente obtenida a través de las diferentes técnicas de investigación que se deben relacionar en la casilla de metodología.

Así mismo, esta articulación entre los conceptos básicos, el planteamiento del problema y cómo abordarlo mediante un tipo de razonamiento específico proyectará la forma en que se desarrollará la investigación. Como herramienta, se presenta el modelo metodológico conceptual o modelo conceptual. Sin importar el tipo de investigación, se debe iniciar una inferenciación con bases sólidas, estas bases deben estar organizadas y relacionadas con cada uno de los objetivos y temas más importantes de la investigación, lo cual permite la consolidación conceptual que fundamenta una propuesta o resultado de una investigación.

Modelo metodológico conceptual

Muestra el orden de las etapas del proceso para visibilizar tanto metodologías como herramientas, fundamentando las técnicas metodológicas aplicadas. Para facilitar la interpretación de las razones que sustentan los resultados proyectados, lo recomendado es la representación gráfica de la metodología para presentar el plan de trabajo. En la **Figura 10**, se relaciona un modelo conceptual para el proceso metodológico en el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento.

10 Material digital descargable en el enlace del libro digital.

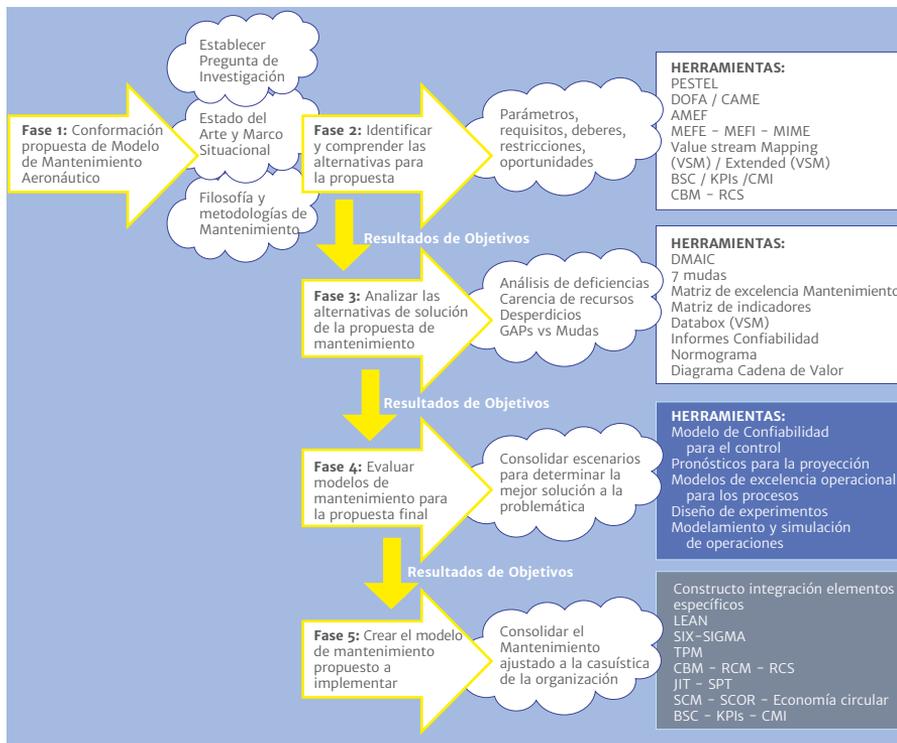


Figura 10. Ejemplo de modelo conceptual metodológico para la propuesta del modelo de mantenimiento aeronáutico

Fuente: *elaboración propia.*

En otro ejemplo, la **Figura 11** muestra un modelo conceptual para la construcción de sistemas de gestión de calidad. Como se puede observar, la gran diferencia está en el detalle final de los pasos y en la definición de las herramientas. En la **Figura 10**, se presenta un ejemplo de un modelo conceptual inicial, lo que el investigador proyecta estudiar para consolidar la propuesta final; y en la **Figura 11** se presenta de manera sintetizada el desarrollo de la propuesta final, esto es, la base para consolidar la coherencia investigativa.

Coherencia investigativa

Se pretende que cada investigación se desarrolle a través de un proceso organizado y estructurado mediante una metodología lógica y pertinente.

Para ello, los principales factores se encuentran en la maduración de la idea de investigación, mediante una estructura idónea como base, en orden jerárquico se presenta el ejemplo de la **Figura 1**, continuando con la introducción al contexto referencial y metodológico de la **Figura 10** y la **Figura 11**. Con lo anterior, se ha visto como desarrollar los siguientes parámetros que se soportan en el planteamiento del problema, en el cual se define el título del proyecto de investigación, el objetivo general y la pregunta de investigación¹¹. Para una primera validación de la coherencia investigativa, se presenta la relación que existe entre los elementos del planteamiento del problema que son directamente correlacionales, partiendo de los elementos relacionados en la **Tabla 14**.

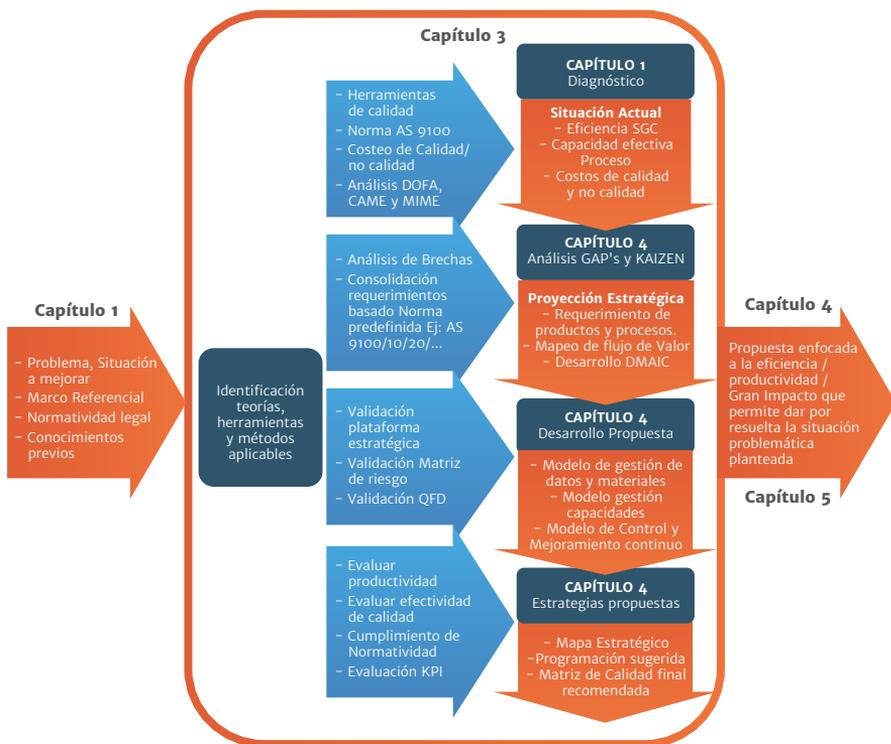


Figura 11. Modelo conceptual de un sistema de gestión por procesos

Fuente: elaboración propia.

11 También llamado *formulación del problema*.

Tabla 14. Coherencia investigativa en el planteamiento de la investigación

Ítem	Título de proyecto	Objetivo general	Pregunta de investigación
Porcentaje mínimo de similitud con el objetivo general	95%	100%	90%
Ejemplo de coherencia investigativa en el planteamiento	Diseño de estrategias de seguridad operacional para la flota de aviones CASA 212 de la FAC.	Diseñar las estrategias que permitan disminuir las fallas del CASA 212 asegurando niveles de seguridad operacional.	¿Cuáles son las estrategias para disminuir las fallas del CASA 212 mitigando el error Humano y consolidando excelentes niveles de seguridad?
Diferencia principal de forma	Inicia con un sustantivo	Inicia con un verbo en infinitivo	Se incluyen las variables de investigación y/o categorías de análisis.

Fuente: *elaboración propia*.

Nota: Los elementos mencionados se desarrollan con la ayuda del material adicional titulado “Coherencia Investigativa”.

La **Tabla 14** representa los lineamientos mínimos para el correcto planteamiento de una propuesta de investigación o proceso para definir un problema en cualquier escenario profesional o técnico, consolidando el objetivo general como eje central del documento. En consecuencia, y como se relaciona en el modelo conceptual de la **Figura 10**, cada fase del proceso tiene una evolución abductiva y bajo los lineamientos de la redacción de los objetivos con base en la taxonomía Bloom. Entonces, el siguiente paso coherente es consolidar los objetivos específicos siguiendo el modelo sistemático basado en los siguientes elementos: identificar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear como lo ha planteado la Taxonomía de Bloom. En el caso de un proyecto de investigación, se aconseja que sean cuatro objetivos específicos, los cuales deben redactarse teniendo en cuenta la estructura de la **Tabla 15**. Los objetivos, al ser redactados, deben tener una validación con los siguientes argumentos: verbo infinitivo, meta, medible, alcanzable, responsable y coherente¹².

Debe considerarse que el verbo es el indicador de la acción o del logro que se espera alcanzar al final del estudio, cada objetivo tiene una acción, conllevando que tenga un solo verbo. El evento de estudio se relaciona con

12 Material adicional en hoja de cálculo descargable en la pagina de publicación del libro.

la característica, el hecho, situación, fenómeno de estudio o el proceso a estudiar; la unidad de estudio se relaciona con el elemento a estudiar en específico, como lo es una persona, un objeto, una institución, una ciudad, un conjunto brechas, desperdicios, un modelo, un área o departamento, etc.; por último, el contexto da un complemento articulador entre la unidad de análisis y el evento de estudio entre objetivos, y se manifiesta como un lugar, propósito, elemento o proceso específico en el cual se va a centrar la investigación.

Tabla 15. Ejemplo para la redacción de objetivos

Nivel objetivo	Tipo de verbo en taxonomía Bloom	Verbo	Evento de estudio	Unidad de estudio	Contexto	Objetivo
General Asegurar la dotación militar de la FAC a través de la estandarización tecnológica de los procesos del sistema de abastecimiento de la Dirección Logística de Servicios (DILoS)						
Específico 1	Comprender	Explicar	las carencias de recursos del	sistema de abastecimiento	de dotación militar de la FAC.	Explicar las carencias de recursos del sistema de abastecimiento de dotación militar de la FAC.
Específico 2	Aplicar	Aplicar	modelos de abastecimiento teóricos	evidenciando los <i>gaps</i> y mudas	en los procesos de dotación militar de la FAC.	Aplicar modelos de abastecimiento teóricos evidenciando los <i>gaps</i> y mudas en los procesos de dotación militar de la FAC.
Específico 3	Analizar	Diagramar	el mapa de flujo de valor	del sistema de abastecimiento de dotación militar	propendiendo a la eficiencia del proceso.	Diagramar el mapa de flujo de valor del sistema de abastecimiento de dotación militar propendiendo a la eficiencia del proceso.
Específico 4	Evaluar	Formular	el sistema de abastecimiento	de valor agregado a las operaciones	de dotación militar de la Dirección Logística de Servicios.	Formular el sistema de abastecimiento de valor agregado a las operaciones de dotación militar de la Dirección Logística de Servicios.

Fuente: elaboración propia.

Nota: El planteamiento de los objetivos obedece a una estructura ordenada; el ejemplo planteado corresponde a una propuesta cuyo máximo nivel de complejidad es *evaluar*, que en el caso de la taxonomía de Bloom se propone como *formular*.

COMPONENTES TRANSVERSALES DE LA LOGÍSTICA

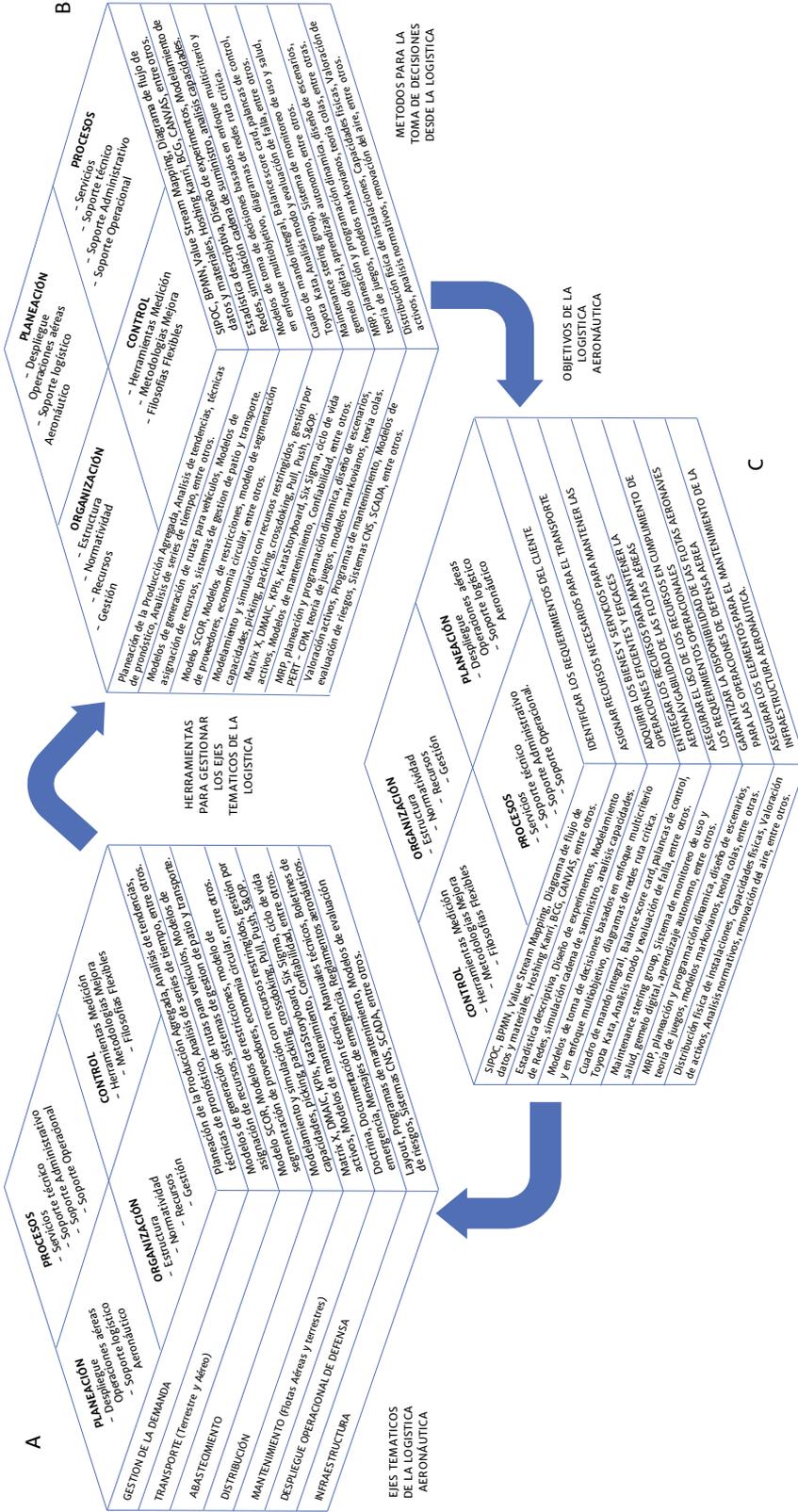


Figura 12. Modelo cúbico de cinco caras para temas, herramientas y objetivos de la logística
 Nota: se presentan los componentes que debe tener todo esfuerzo logístico. La cara A muestra los ejes temáticos de la logística; en la cara B, se identificó el conjunto de herramientas; en la cara C, se relacionan los métodos, las filosofías y los aspectos clave a considerar para gestionar los procesos y controlarlos. Por último, cada planeación de procesos se orienta por los objetivos esperados.

Para culminar la introducción a la metodología, se aborda el planteamiento del modelo cúbico de cinco caras para temas, herramientas y objetivos de la logística (**Figura 12**). En este, se plantea que un investigador, al seleccionar un eje temático, puede identificar claramente las herramientas para abordar las problemáticas establecidas. Como ejemplo, se presenta el eje temático de transporte y las herramientas más probables de aplicación son los modelos de asignación de recursos, lo cual se aborda con modelamientos de diagramas de redes o de análisis de capacidades. Siendo así la base con la que se determina que una investigación tiene un tipo (descriptivo, explicativo, correlacional, experimental, exploratorio, etc.) y un enfoque (cualitativo, cuantitativo o mixto), la recomendación es alinear el tipo de razonamiento con el tipo y el enfoque metodológico, con lo cual se terminará de definir el alcance de la investigación.

Conclusiones del capítulo

El desarrollo de un trabajo de investigación lleva a enfrentarse a los problemas asociados con la casuística inherente al proceso o ciclo de negocio, aprender a diferenciar los síntomas de los problemas es el factor clave para establecer el objeto de investigación. Aplicar el método científico es una de las estrategias para todo aquel aprendiz en la solución de problemas complejos. Sin embargo, en la práctica no es común, con excepción de los profesionales de la salud que deben realizar diagnósticos médicos bajo un tipo de razonamiento analógico y parten del análisis y la correlación de los síntomas para el planteamiento de la tesis o argumentación para agrupar los elementos del problema o en el plano profesional, determinar el diagnóstico del paciente. Así es como tener los conceptos claros y la apropiación de un método ordenado llevará a encontrar el origen de la idea de investigación, el planteamiento del problema y cómo proceder a través de la formulación de las variables de investigación. Estos elementos articulados son el soporte para la coherencia investigativa.

En este primer capítulo, se desarrolló la nivelación conceptual requerida para que cualquier persona pueda elaborar un planteamiento adecuado ante cualquier tipo de situación. Cómo abordar posteriormente parte de la conciliación de saberes entre los integrantes del equipo de trabajo, entendiendo que el liderazgo no pertenece al individuo de mayor nivel jerárquico,

sino a todo el equipo. Así, quien debe tomar la decisión puede fundamentar con argumentos válidos el paso a paso para abordar cada variable de trabajo o cada categoría de análisis, las cuales están ligadas a los resultados clave para la generación de valor corporativo y de proceso.

Idea de cierre: El tipo de razonamiento, el método, la herramienta y la filosofía de gestión, además de consolidarse como la fundamentación metodológica o metodología aplicada, son conceptos coordinados que deben trabajar en conjunto para desarrollar las *hard skills* que deben fortalecer la toma de decisiones y asertividad de un líder, y esta última debe ser oportuna para cada eje temático, como se plantea en la **Figura 12**. En consecuencia el orden para establecer el tratamiento de la metodología es:

- Antecedentes (datos estadísticos e hitos para desarrollar una trazabilidad como en la **Figura 7**).
- Planteamiento del problema (siguiendo el orden de la **Figura 3**, desarrollando los elementos como se describen en la **Tabla 1** y en la **Tabla 14**).
- La fundamentación metodológica para dar cumplimiento a los objetivos planteados (como se aborda en la **Tabla 7** y en los ejemplos de la **Figura 10** y de la **Figura 11**).

Capítulo 2

El método, las herramientas y el liderazgo

PREMISAS DEL CAPÍTULO

“Para que un líder reciba los productos que solicita, debe articular el conocimiento, el esfuerzo y el procedimiento con herramientas que permitan eliminar el miedo y promover la confianza”.

“Un líder sin hard skills específicas para el tema que lidera es propenso a generar mayores costos y ralentiza la curva de aprendizaje mientras no genere la experiencia específica para el ciclo de negocio”.

“El miedo es inversamente correlacional a la claridad del método implementado”

YEISSON RINCÓN

CÓMO CITAR

Rincón Cuta, Y. A., Rincón Sandoval J. G., y Hoyos Gómez, F. (2024). El método, las herramientas y el liderazgo. En *Metodologías aplicadas a la gestión de la logística aeronáutica*. Escuela de Postgrados de la FAC. <https://doi.org/10.18667/9786289646917>

Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 23

**METODOLOGÍAS APLICADAS A LA
GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA AERONÁUTICA.**

FORTALECIMIENTO DEL ENFOQUE DE
LIDERAZGO CON HABILIDADES DURAS
PARA UNA EFICIENTE PLANIFICACIÓN
AVANZADA DE LA CALIDAD

ISBN: 978-628-96469-0-0

E- ISBN: 978-628-96469-1-7

<https://doi.org/10.18667/9786289646917.02>

Bogotá, Colombia

Octubre, 2024

A partir de lo expuesto en el capítulo anterior y en complemento para la estructuración del planteamiento metodológico, como introducción al capítulo 2, se debe iniciar con una reflexión en torno a la disciplina de la asesoría metodológica. Esta exige tener competencias en estructura de redacción de documentos, en “normas de presentación”, en la estructura del pensamiento con base en el dominio temático y en el dominio de métodos aplicados a cada uno de los ejes temáticos abordados en el desarrollo de una investigación. Por lo que preguntar.

¿Qué debe hacer un asesor metodológico?

Primero, este no se refiere a la forma, sino a la estructura. El asesor metodológico no es quien para muchos exige el cumplimiento de las normas APA, IEEE, Michigan u otra; tampoco hace observaciones de uso de signos de puntuación; lo cual es tan solo la forma en que se ha propuesto realizar la escritura de un texto, pues no es lo mismo escribir para matemáticos que para humanistas, aquí es donde esta la importancia de un asesor metodológico, el cual debe estructurar el pensamiento y desarrollar el eje temático a investigar por parte del investigador. Aplicado en términos de oficina, “el líder parametriza la estructura del trabajo”. Con lo que ayuda a conceptualizar el método para interactuar con la población objetivo, toma sentido el por qué hablar de eje temático, el tipo de escritura (tipo de investigación), la estructura de investigación. Entendiendo esto, se procede a determinar que la metodología es la fundamentación teórica del paso a paso desarrollado por el investigador desde un enfoque metódico. El proceso investigativo o de resolución de problemas, en términos prácticos y aplicados desde lo cognitivo, debe contener elementos como:

- Tipo de razonamiento (abductivo, inductivo, deductivo, analógico, etc.).
- Tipo de metodología (descriptiva, explicativa, correlacional, experimental, etc.).
- Enfoque según los datos (cuantitativo, cualitativo o mixto).
- Enfoque según el tema (planeación, gestión, control, estratégico, riesgos, etc.).

- Estilo de redacción (norma seleccionada).
- Estructura metodológica (propuesta en teoría o desarrollada a partir de una teoría).
- Definición de herramientas (instrumentos para la recolección y tratamiento de la información con fiabilidad y veracidad).
- Definición de instrumentos para entregar los resultados como *dashboard* o informes.

Incursionando en el desarrollo de soluciones desde la logística

Para desarrollar cualquier proceso, actividad o tarea de cualquier eje temático de la logística, es obligatorio e imprescindible que exista una demanda de un bien, un producto o un servicio. Parece obvio, pero muchos profesionales desarrollan gastos de elementos entre materiales e insumos, infraestructura, personal, maquinaria y gestión para el medio ambiente a través de métodos ordenados, sin que generen ningún resultado o valor agregado a las operaciones. Por lo tanto, son pérdidas de trabajo, esfuerzo y recursos que suelen ser limitados.

Al tener una demanda identificada, lo siguiente es abordar la metodología a desarrollar. Existen metodologías a raíz del análisis de datos, como lo son: pronósticos por series de tiempo, tendencias y estacionalidades; estudios de mercado; y estudio de ciclo de vida operacional, comercial, logístico y remanente.

Dado lo anterior, se relacionará desde la casuística y el análisis de los procesos cómo abordar las variables dependientes, independientes e intervinientes, partiendo de las herramientas que permiten validar la correlación de los componentes y los criterios relevantes para una temática definida. Como parte de la propuesta, el líder deberá hacer una réplica de este análisis en el desarrollo de su proceso productivo y la correlación respectiva, en donde podrá evidenciar el grado de influencia de su trabajo para un óptimo flujo de proceso. Realizar actividades sin calidad genera nuevas variables que suelen ser la causa de problemas no identificados inicialmente para así dar respuesta a la siguiente pregunta.

¿Cómo elegir la metodología a través de la correlación de variables?

La elección de la metodología siempre deberá tener una serie de preguntas a responder, entre ellas las basadas en la **complejidad de una organización** que lleva a establecer y analizar variables como: la cantidad de sucursales, la cantidad de sedes que intervienen en el proceso productivo, el tiempo de trabajo, el número de personas involucradas en la operación, la productividad, los esfuerzos aplicados, los transportes, las capacidades individuales de cada sede y los resultados esperados del proceso.

Es así como Winch *et al.* (2023) establecen su relación de influencia entre variables desde el análisis del proceso, los residuos y los desperdicios que se incluyen en los reprocesos conocidos y no conocidos. Estos últimos pueden traducirse en las variables ocultas de la investigación (emergentes) y del trabajo inherente (pero no programado) a un plan o a las diferentes operaciones, impactando el tiempo de proceso y el uso de los recursos que, más allá de ser limitados, se consideran restringidos por diferentes motivos, entre ellos “si se considera no renovable”.

En la **Figura 13**, se muestra la correlación de variables como horas extras, atajos y pruebas, en la cual se puede validar el estudio de la probabilidad de falla o de resultados incorrectos, con lo cual se introduce el concepto para la planeación de actividades derivadas de una metodología seleccionada. La primera tarea de todo líder es seleccionar una metodología aplicable al comportamiento del dato, esto no es un trabajo unipersonal del líder de equipo, debe estar basado en la búsqueda desde el enfoque de las variables con la pericia de todos los integrantes del equipo de trabajo, consecuentemente, estableciendo el cómo se estudiará el objeto de investigación y las variables, se determinará los datos a recolectar.

Con ayuda de todo el equipo de trabajo se desarrollará el análisis del proceso, el ciclo de negocio y los puntos de control, por lo que, el apoyarse en los principios de cada metodología es imprescindible para alinear los resultados esperados con los objetivos propuestos. En la casuística de la operación de un proceso o ciclo de negocio se encontrarán variables cualitativas que, dependiendo de la formación inmersa dentro del equipo de trabajo, pueden ser asociadas como categorías de análisis, sin embargo, esto solo es una diferencia en el término, aplicándose el mismo concepto, es

decir, un elemento medible, bajo parámetros establecidos ordenados o no, pero que se fundamentan en argumentos teóricos y aplicados.

En la **Figura 13**, se presenta el ejemplo de un proceso base que al desarrollarse empezó a diferir con lo planeado y se originaron nuevas y diferentes ramas de variables que no son consideradas inicialmente en el cronograma de un proyecto, llevando al impacto de aumento de trabajo con horas extras y generando la fatiga en la productividad, al igual que los errores producidos por factores como fatiga y afán. Por lo tanto, la correlación de las variables lleva al análisis de la productividad y al costo de la no calidad, con lo que se empieza a fundamentar en la gestión de los desperdicios y en la gestión basada en cero desperdicios, excedentes y sobrecargas laborales.

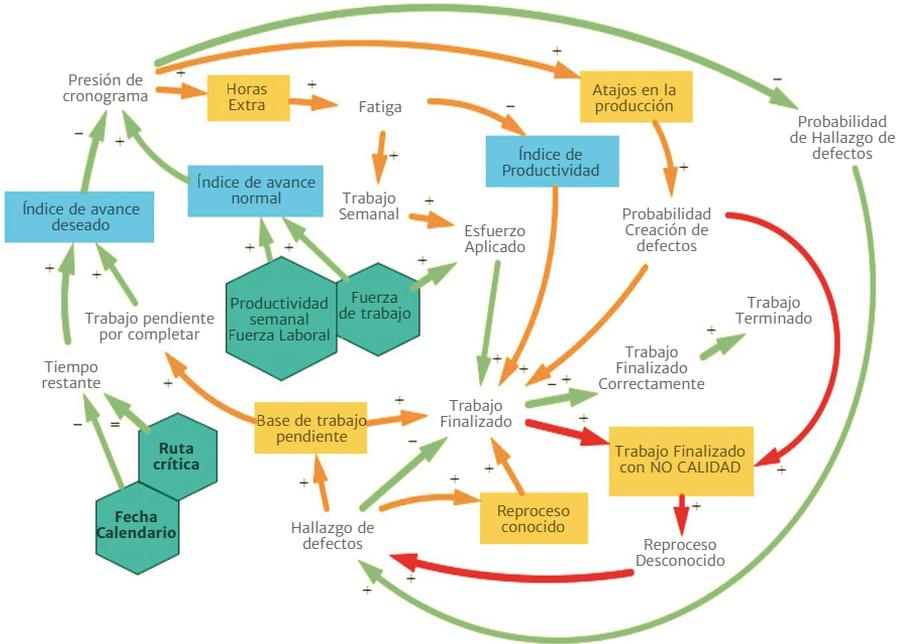


Figura 13. Correlación de variables como horas extras, atajos y pruebas

Fuente: adaptado de Winch et al. (2023).

Nota: los signos representan el comportamiento de la variable y el cómo influyen en la siguiente, iniciando con la fecha del calendario disminuye cada día, afectando la variable de tiempo restante la cual disminuye, igualmente a menor índice de avance deseado, aumenta la presión del cronograma y se requiere aumentar horas extras.

Con base en lo anterior, y en lo abordado en el Capítulo 5, se invita a realizar el análisis de correlación de variables del proceso establecido en el modelo planteado en la **Figura 38**. Dicha figura sustenta el análisis de los procesos que, integrados, consolidan el modelo de gestión por capacidades, desglosado para desarrollar una herramienta de *software* aplicada, lo cual depende de los procesos que tiene la organización a la cual pertenece el lector. No se abordará el desarrollo de *software* en este documento; sin embargo, para lograr esta gestión deben tenerse en cuenta los principios y elementos relevantes, por el método a desarrollar. En el ejemplo que se aborda, la gestión por capacidades se refiere a las siguientes fases:

- Planeación estratégica.
- Planeación operativa (cronograma de mantenimiento).
- Programación de mantenimiento (portafolio de capacidades).
- Servucción del mantenimiento.
 - Definición de componentes para reparar (Gestión interna “PMP”¹³ y Gestión externa).
 - Definición de componentes para comprar (HT¹⁴ y TBO¹⁵).
 - Abastecimiento de materiales, productos, insumos, llantas y misceláneos.
 - Control de los almacenes.
- Control (estadísticas y presupuesto).

En consecuencia, profundizar en diferentes metodologías le permite al equipo de trabajo articular sus esfuerzos de manera que se aborde la relación directa con los objetivos y resultados clave. Como ejemplo, se presenta el análisis de la **Tabla 19**, que permite correlacionar las metodologías y los principios con las siguientes similitudes:

- El 83 % de las metodologías de gestión tienen similitud en que sus principios son orientados a respaldar con datos cada toma de decisión.

13 Plan Maestro de Producción

14 Hard Time

15 Time Between Overhauls

- El 92% de los procesos son sistémicos, por lo que identificar las variables y sus comportamientos, así como la correlación, son factores clave para proyectar la eficiencia en los procesos.

Con base en lo anterior, se ha generado el desarrollo de nuevas teorías relacionadas con sistemas de gestión, ciencia de sistemas y teoría de las coordinaciones. Esto sugiere que en el campo de la administración de operaciones no solo se debe pensar en un elemento, sino también en coordinar la metodología, las herramientas, los objetivos y los recursos con base en la aplicación. Por tal razón, un excelente líder debe ahondar en los métodos que le permitirán desarrollar un trabajo coordinado con su equipo y fundamentarlo metodológicamente, a fin de establecer procesos articulados con los cuales la organización (gerentes, ejecutivos, analistas, técnicos, etc.) no encontrarán contraposición válida para oponerse.

Así mismo, orientar a la mejora continua del uso de las capacidades en infraestructura, herramientas, medios de transporte y maquinaria, entre otras, facilita la dirección a la eficiencia más allá de la eficacia. Con lo anterior, se responde a la gran resistencia del cambio. Los primeros factores a superar se basan en el ego empresarial dependiente del talento humano y en el bloqueo sistemático que impide establecer sistemas eficientes orientados a la excelencia organizacional; por lo cual, incluso los que promueven la madurez del sistema deben evitar continuamente la pérdida de capacidades que pueden derivar en la baja competitividad y hasta amenazar la supervivencia de la organización.

¿Cómo debo estructurar a mi equipo para la solución de problemas reales?

La estructura parte de la aplicación de todos los conceptos del primer capítulo de este libro, lo cual le permite al lector entender el planteamiento de la **Figura 14**. En este apartado, se habla de la estructura mental para abordar los problemas cotidianos y laborales; esta es la base para la selección adecuada de una metodología que lleve a desarrollar una solución efectiva a las problemáticas asociadas.

Se inicia con la parametrización del pensamiento a través de la selección del tipo de razonamiento, que a su vez condiciona la forma de tomar

decisiones. Vera-Rodríguez *et al.* (2018) abordan el estudio de tendencias y el tipo de razonamiento ético entre gerentes de los sectores público y privado. Se revisan cinco tipos de razonamiento diferentes a los mencionados antes, entre ellos: deontológico, axiológico, utilitario y relativista. Se configura como un factor clave de éxito que el líder tome como referencia un tipo de razonamiento con el que se sienta afín.

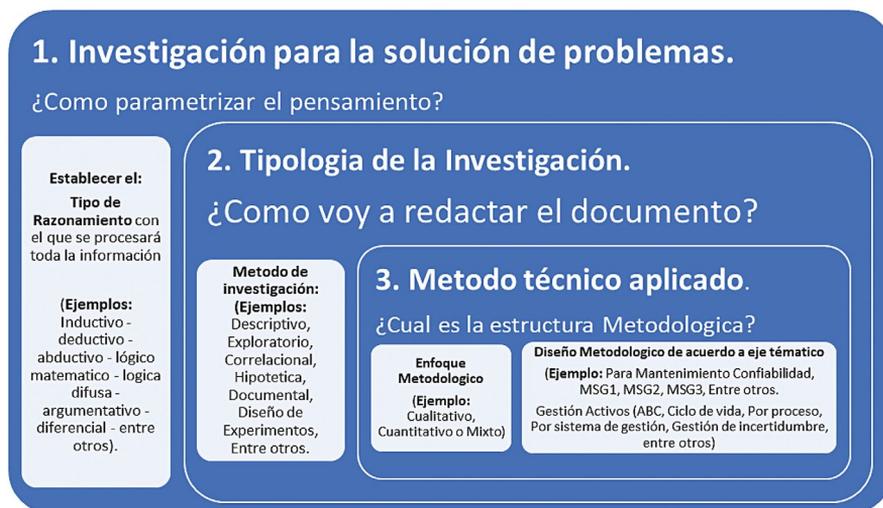


Figura 14. Estructura mental para solucionar problemas

Fuente: *elaboración propia.*

Para el ejemplo de los trabajos de investigación desarrollados en la Maestría de Logística Aeronáutica, se abordan a través de un término deductivo, inductivo o abductivo, con lo cual cada uno determina el paso a paso para lograr el desarrollo de una propuesta aplicada a la institución. En resumen, el planteamiento metodológico de las herramientas aplicadas a la logística se centra en la **Tabla 7**, siendo así que la metodología tiene los siguientes frentes:

- La estructura del pensamiento de la **Figura 14.**
- El análisis de las variables de la **Figura 13.**
- La selección de método, herramienta y cómo se ha establecido en la **Figura 12.**

A fin de continuar con el planteamiento metodológico, se debe determinar el tipo de investigación que, a su vez, define la forma de escribir un documento resultado de registro para la investigación. Si el tipo de investigación es descriptiva, la redacción está en el cumplimiento de los parámetros de describir todo lo relacionado con el objeto de estudio sin influenciar en él o en la unidad de análisis o el comportamiento de cada variable estudiada. Igual ocurre para otras metodologías como la correlacional.

Otro ejemplo se abordó implícitamente en la **Tabla 1** para la formulación de la pregunta de investigación, por lo que, el definir este argumento es el segundo factor clave para la solución de un problema, de manera que el líder pueda fundamentar la estrategia diseñada o seleccionada; por último, la solución debe ser planteada con un enfoque cuantitativo o cualitativo, dependiendo del comportamiento del dato vinculado a las variables y los datos intervinientes que se tienen en la investigación, llevando al planteamiento de la **Tabla 16**.

Con base en lo anterior, el tomador de decisiones basado en información debe proyectar cómo inferir sobre la información desde el primer paso (recolección) lo que le permite alcanzar soluciones fundamentadas, robustas y flexibles, de manera que sus resultados son fácilmente fundamentados a través de procesos organizados, lo cual lleva al enfoque para tomar decisiones eficientes y productivas, siendo el mundo digital el ejemplo más aplicado de fuente de información para organizar y analizar, con el propósito de inferir y llegar a conclusiones, mediante la comprobación de las premisas obtenidas del proceso; lo cual, se toma como base de la gestión de grandes cantidades de datos.

Enfoque misional aplicado en la toma de decisiones

La toma de decisiones es una ciencia tan diversa que, como la logística, se aplica en todo tipo de contexto, lo cual lleva al análisis del enfoque y el perfil del individuo que asuma el rol como el responsable de decidir. Por lo tanto, en este capítulo el lector debe partir desde los conceptos básicos para atender una situación bajo un proceso metodológico. Tener clara la estrategia para alcanzar un objetivo desde la planeación y el planteamiento de las variables o los criterios de análisis es como se relaciona la importancia de los diferentes ejemplos para así desarrollar la identificación de los factores

Tabla 16. Pasos para organizar al equipo de trabajo en la solución de problemas

Núm.	Paso	Planteamiento	Descripción	Definición previa necesaria	Objetivo clave esperado
1	Recolección	Sistémico - Recurrente	Definición de método, herramientas e instrumentos de la captura de información.	<ul style="list-style-type: none"> Tipo razonamiento. Tipo investigación. Enfoque metodológico. Eje temático. 	<ul style="list-style-type: none"> Método de recolección de información. Fuentes de información. Obtener la información fiable
2	Organización		Ordenar la información según los parámetros de la herramienta o modelo que se utilizará para los siguientes pasos.	<ul style="list-style-type: none"> Información recolectada por cada variable definida. Herramientas y métodos de análisis 	<ul style="list-style-type: none"> Validar la información obtenida y registrada. Evidenciar información faltante.
3	Análisis		Procesamiento de información de manera parametrizada con las herramientas del paso 1.	<ul style="list-style-type: none"> Información completa. Método seleccionado de acuerdo con el eje temático. Herramientas tecnológicas de procesamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Tendencias. Comportamientos. Desviaciones. Factores relevantes de éxito o fracaso. Requerimientos no identificados. Nuevos requerimientos.
4	Inferenciación		Emisión de criterios técnicos basados en los resultados de los análisis de datos realizados.	<ul style="list-style-type: none"> Resultados del análisis de datos obtenidos. Método, filosofía, técnica, herramienta. 	<ul style="list-style-type: none"> Criterios emitidos por el tomador de decisiones y el equipo de trabajo autorizado. Argumentos clave para fundamentar la solución del problema.
5	Conclusiones		Contrastación de la inferenciación realizada con los parámetros esperados de las variables estudiadas.	<ul style="list-style-type: none"> Objetivos clave del problema. Resultados clave de la solución. Estándares, parámetros y reglas. 	<ul style="list-style-type: none"> Validación de los resultados. Validación de las propuestas realizadas Informes y definición de planes de trabajo. Estrategias de mejoramiento.

Fuente: *elaboración propia*.

Nota: De esta raíz han madurado metodologías como Big Data.

clave de éxito y de fracaso desde el origen. Lo primero que se abordó en el libro es la nivelación conceptual del lector, ahora se abordará la tendencia del tomador de decisiones a respetar el miedo como factor crítico de éxito de toda estrategia organizacional. Así entonces, se abordará desde el enfoque del factor humano la importancia de gestionar el miedo como una estrategia clara para “el fortalecimiento de las *hard skills*, con el propósito de aplanar la curva de aprendizaje durante el logro de los objetivos y resultados clave”.

Se fundamenta que las habilidades blandas del liderazgo son el complemento y no la base del liderazgo para la toma de decisiones asertivas en torno a la productividad, rentabilidad y efectividad. Esto lleva al estudio de los criterios de decisión que afectan a la logística, entre los cuales se encuentran:

- Mitigación de desperdicios
- Reprocesos
- Insatisfacción del cliente o del usuario de un servicio.
- Miedo

A partir de la influencia del miedo en las habilidades blandas, la gestión del mismo se considera un factor clave de éxito, así como abordar la eliminación de desperdicios y reprocesos; la insatisfacción del cliente por otro lado requiere una de las habilidades duras abordadas en otros capítulos. Como lo establecen diferentes gurús de calidad, la existencia del éxito puede llevar al fracaso, por lo cual todo integrante de una organización debe tener claro su propósito y su relación directa con cada uno de los criterios que afectan la logística de los procesos misionales de la organización. Por tal razón, el líder de un equipo de trabajo debe asegurar: la estrategia de comunicación, la metodología de trabajo y la estandarización del lenguaje de los productos, de manera que se oriente a lo verdaderamente importante que es el cumplimiento de las iniciativas e intenciones institucionales (políticas) con enfoque al cumplimiento de las metas y los objetivos que deben estar claramente alineados con los resultados esperados.

La gestión de la confianza sobre el miedo

El valor de la confianza es el factor clave de éxito ante la gestión del miedo, y el factor clave de fracaso es no gestionarlo. Sin embargo, este tema es

poco abordado en las organizaciones, que pueden estar enfocadas a la gestión de los procesos y a establecer políticas e indicadores para evaluar el cumplimiento de los objetivos, relegando la identificación y la importancia de factores clave para la gestión de procesos y la toma de decisiones con información confiable, pero allí es donde está el gran dilema que es la confianza. Jericó (2007) ha desarrollado análisis sobre miedos principales y secundarios, y ha determinado los miedos proyectados que afectan el liderazgo y las competencias blandas de los integrantes de una organización. Se ha evidenciado que el miedo genera un impacto directo a los resultados de las organizaciones y su gestión, por lo cual se hace relevante tener líderes formados y con alta consciencia situacional acerca de la gestión del miedo.

La evolución de los conceptos y los análisis de factores de la comunicación organizacional (Borca y Baesu, 2014), y de la administración del recurso humano (Gu *et al.*, 2023), derivan en una revisión del efecto de las prácticas de gestión de talento humano, la resiliencia de la cadena de suministro y el rendimiento operativo. Se encontraron afinidades específicas, siendo la gran diferencia que ha soportado el cambio de lenguaje en la administración y en la gerencia de procesos y proyectos. Así mismo, se adoptan fortalezas derivadas de las herramientas aplicadas a la planeación, la gestión de procesos, la estructura organizacional y el control de las capacidades para desarrollar el mejoramiento continuo de los procesos, de acuerdo con su eje temático dentro de un tema específico como la logística. En el presente capítulo, se desarrollará un análisis que fundamenta y permite evidenciar las herramientas pertinentes que existen para la eliminación de pérdida de recursos y que propenda a la mejora de sus resultados.

¿Por qué tomar el miedo con respeto en las organizaciones?

Edward Deming, quien es considerado un gurú en términos de la gestión de la calidad y el mejoramiento continuo, estableció como parte de su filosofía la premisa: “todo individuo trabaja para generar valor”. Al identificar todos los esfuerzos organizacionales y los enfoques requeridos para asegurar la permanencia en el mercado, y la sostenibilidad y sustentabilidad operacional, está obligado a desarrollar una planeación orientada al octavo principio de la filosofía de mejoramiento continuo. Este enfoque es

ampliamente abordado en el trabajo de Martin-Baker (2016): “El individuo transformado, percibirá un nuevo sentido a su vida, a los acontecimientos, a los números, a las interacciones entre las personas”. Así las cosas, se afirma la creencia de las siguientes premisas:

- a) El primer paso del mejoramiento continuo es la transformación del individuo.
- b) La transformación es discontinua, por eso debe asegurarse el control del proceso permanente.

Consolidar una conciencia situacional en torno a la presencia del miedo puede desarrollar las condiciones estratégicas, tácticas y operativas para no recaer en errores garrafales o blunders, lo cual puede verse tanto en la industria formal e informal, como en la guerra (Hughes-Wilson, 2000). En consecuencia, se empieza por fortalecer la cultura del respeto al miedo, a través del uso de herramientas clave para ser cada día más productivos. Según autores como Joseph Juran, Kaoru Ishikawa, Shigeo Shingo, Gen'ichi Taguchi, Frederick Taylor, Henry Fayol, Taiichi Ohno, Peter Drucker y Michael Porter, entre tantos otros profesionales reconocidos, el método permite llegar a resultados organizacionales clave; y en especial para Deming proviene de la comprensión del sistema de conocimiento profundo.

Es así como, desde la definición de la estrategia y el planteamiento organizacional para su administración, se han desarrollado filosofías organizacionales y diseños de herramientas alineadas con temáticas específicas. Los aportes de este capítulo, además de entregar una relación directa de ejes temáticos con métodos y herramientas (ver **Figura 12**), abordan conceptos que deben ser complementarios para que un líder de cualquier nivel logre desarrollar actividades, funciones, procesos y modelos. Todo de manera articulada con filosofías y herramientas que promuevan, a través de la administración de recursos escasos o restringidos, la mitigación y la eliminación de desperdicios de recursos, con el fin de afrontar el miedo al fracaso y que la falta de resultados intermedios sea en una operación recurrente o en un proyecto específico que podría generar un impacto global en la organización.

Para Jericó (2007), el miedo impide desarrollar el talento, la innovación y el cambio, lo cual limita el alcance de los objetivos. En la **Tabla 17**, se

presentan los factores clave que se relacionan con cada factor principal de miedo. Sin embargo, se abordan conceptos que no son habituales y que se considera deben ser visibles para que el responsable de cada decisión pueda estar atento y con soluciones basadas en una estrategia, en respuesta a las políticas institucionales para atender cualquiera de los factores señalados. Como ejemplo, se presenta el método que puede ser usado por los líderes principales de una temática para encontrar las problemáticas y no los síntomas, que se convierten en distractores para aquellas personas que no abordan la casuística con una estructura metodológica fuertemente dominada, y tan solo aplican herramientas que llevan a generar resultados sin impacto real.

Tabla 17. Relación de miedos principales

Miedo principal	Factor clave	Miedos proyectados
La inestabilidad	Satisfacción de necesidades básicas humanas según rol personal o profesional	Pérdida del puesto de trabajo Desvinculación imprevista
Al rechazo	Afinidad de grupo	Capacidades distintivas no aceptadas Éxito de subordinados por encima del grupo Deficiencias de comunicación asertiva con otros individuos Conflicto por limitaciones individuales Conflicto por defensa de intereses personales Conflicto por demérito de los resultados
El no logro de resultados	Cumplimiento de metas	Cometer errores Carencia de habilidad o competencias Falta de conocimiento Gestionar el riesgo Tomar decisiones Falta de reconocimiento Exceso de reconocimiento
Pérdida de autoridad	Dominio	Pérdida de influencia Falta de reconocimiento de mando Pérdida de oportunidades de crecimiento Pérdida de participación
Cambio	Paradigmas	Cambio de funciones Cambio de localización Cambio de beneficios Requerimientos de capacidades no desarrolladas

Fuente: *Jericó (2007)*.

Los grupos focales son más que un debate en torno a un tema, pues requieren el planteamiento de un perfil idóneo para llamar experto a un individuo. Así mismo, deben coordinar a mínimo seis personas en una locación neutral y desarrollar con ayuda de un guion un tema en torno a preguntas clave, asociadas a una pregunta de investigación bien estructurada. Para Bokrantz *et al.* (2020), fue utilizada la técnica para el estudio de mantenimiento inteligente, estructurando la metodología en torno a las siguientes preguntas:

- Cuando piensa en mantenimiento inteligente:
 - ¿Qué atributos le vienen a la mente?
 - ¿Cuáles son las consecuencias del mantenimiento inteligente?
 - ¿Qué significa la ausencia de mantenimiento inteligente?

Los resultados del grupo focal estaban centrados en el modelo del mantenimiento, abordando los problemas de una factible implementación y proyectando la guía para que los gerentes lleguen a soluciones con el propósito de diseñar estrategias a largo plazo en la adopción del mantenimiento inteligente. Lo cual lleva a cuestionarse ¿estará articulada con la política institucional, y con los objetivos clave establecidos entre los dueños del proceso y la gerencia de la organización?, lo cual lleva a determinar los resultados clave que darán el norte de trabajo a todo el equipo de la organización, ayudando a todos los niveles a gestionar el miedo para mitigarlo o eliminarlo, a través del entendimiento del porqué del uso de algunas estrategias que pueden afectar los roles y las responsabilidades del personal.

De acuerdo con lo anterior, en este planteamiento el lector debe interpretar que el líder y el subordinado están obligados a entender su rol y responsabilidad en el cumplimiento de la misión. Se establece en la **Figura 15** la interdependencia del miedo y la confianza entre el equipo de trabajo, en el cual un líder puede construir desde el análisis y la gestión de la afinidad directa de los conceptos *confianza* versus *miedo*, a fin de abordar la entropía entre los objetivos y los resultados. En cuanto a la construcción del respeto en torno a la gestión del miedo como base para mantener una excelente comunicación entre el líder y el subordinado, se sustenta a través de la gráfica el comportamiento de cada factor y se encuentra el punto de equilibrio teórico con el que se desarrolla la prospectiva.



Figura 15. Prospectiva del nivel de comunicación

Fuente: elaboración propia.

Nota: Con base en los estudios sobre liderazgo y habilidades de un líder, se proyecta la escala de 0 a 10. El análisis de la variable “comunicación” para inferencia sobre el comportamiento del dato y el estado de dos factores: la confianza que proyecta el líder y el miedo que le tienen los subordinados. En la naturaleza, a través de las ciencias exactas, se proyectan tendencias exponenciales y polinomiales que permiten evidenciar que el punto de equilibrio entre los dos factores es aproximadamente 82 %, lo cual representa el nivel de efectividad de la comunicación requerida para construir respeto.

En la **Figura 15**, se introduce al lector en el planteamiento de construir respeto al miedo como forma de gestionarlo y no directamente como responsabilidad de solo uno de los roles. Así, se entiende que aproximadamente el 82 % de los resultados de una organización, puesto de trabajo, proyecto u esfuerzo combinado, dependen de las capacidades que tiene tanto el líder como el personal subordinado para la gestión de la comunicación y el cumplimiento de un objetivo. Por lo tanto, la interrelación entre los integrantes del equipo debe estar basada en la confianza; y para ello, la estandarización del conocimiento y del lenguaje en torno a las metodologías y al conjunto de herramientas que se apliquen para alcanzar los resultados se presenta como el factor clave para madurar como equipo de trabajo.

De acuerdo con los estudios publicados por Sotillo-Fraile (2021), en los que relaciona la desconfianza con el pesimismo, se fundamenta que el desarrollo de las actividades en el mundo se articula entre las habilidades de gerenciamiento del recurso humano motivado desde todos los niveles organizacionales. Un canal roto de esta gerencia orienta a decisiones que proyectan el deterioro de la calidad de vida de los seres humanos. Así

entonces, asocia estrategias para construir confianza, lo cual coincide con otros investigadores en que el valor de la confianza es en extremo sensible y que debe desarrollarse un trabajo coordinado y en evolución para vencer el miedo del personal y fortalecer la relación entre los integrantes del equipo de trabajo, un factor clave es superar la resistencia generada por la negación al concepto y la afirmación de “dar confianza es perder la mística a la soledad del mando”.

Se da validez al comportamiento planteado a través de los cálculos exponenciales, que permiten validar la fuerte elasticidad del miedo frente a la inelasticidad de la confianza. Toda gestión debe generar confianza, porque cada factor de miedo aumenta el índice de fricción que incrementa a su vez la entropía entre el objetivo y el resultado clave. Entonces, los conceptos “confianza-miedo” y “objetivos-resultados” son directamente correlacionales, por lo que en teoría los expertos afirman que el miedo puede eliminarse rápidamente.

Sin embargo, recaer en el miedo es tan fácil como mantener un nivel mínimo de comunicación y no informar los resultados esperados por parte de la gerencia. Cabe señalar que esto no significa que toda la organización debe conocer lo que es dominio de la gerencia. El compartimentar es clave para que el control de los resultados esperados sea de dominio de la gerencia. Por tal motivo, los resultados clave deben tener definido una relación causal con el planteamiento de la herramienta “Matriz de asignación de roles y responsabilidades” de las metodologías de gestión de proyectos, cuyo principio es el análisis de los procesos de negocio y asegurar que el equipo de trabajo alinee la comunicación con la gestión que permite el respeto al miedo. Por lo tanto, dominar los diferentes ejes temáticos que directa e indirectamente le sean pertinentes al equipo de trabajo es un factor clave, para todo líder. Unificar conocimientos y la metodología fundamenta los factores articuladores para el dominio de las temáticas, las herramientas, las filosofías y los modelos para dar cumplimiento a la misión institucional, como lo plantea la **Figura 12**.

Construyendo confiabilidad

Partiendo de metodologías de confiabilidad en operaciones de mantenimiento, se realizará la aplicación de lo mencionado antes, es decir que hay

que aprender a pensar en desarrollar las *hard skills* como fortaleza para el aseguramiento de la confiabilidad entre integrantes de un equipo de trabajo, a fin de implementarlas a través de las *soft skills* como plataforma de desarrollo empresarial. A modo de ejemplo en el sector aeronáutico, se presentan habilidades como el dominio de las metodologías que permiten establecer los programas de mantenimiento, alistamiento y despacho de aeronaves en un aeropuerto, para la selección de herramientas como las matrices, los listados y los planes de operación. En este caso, se abordan las metodologías de planeación y control de operaciones de mantenimiento del Capítulo 3, en el cual se relacionan con mayor profundidad los conceptos aplicados para cada uno de los tipos de mantenimiento que son establecidos para una flota respectiva. En consecuencia, las herramientas a utilizar para el flujo de información difieren de acuerdo con los resultados esperados.

Se deben fundamentar los procesos productivos para establecer la planeación de los procesos por medio de la gestión organizacional, con una fuerte estrategia de seguimiento a través del autocontrol como estrategia para gestionar el miedo (ver **Tabla 17** y **Figura 15**). De las diferentes metodologías, deben extraerse herramientas de control como pueden ser los indicadores, y bajo esta premisa el promotor de la confiabilidad entre el equipo de trabajo (que puede ser cualquier integrante) sustentará que la identificación de un error llevará a un aprendizaje y a una condición de mejoramiento basados en la sistematización de una metodología y el uso de herramientas predefinidas; y no para promover llamados de atención. Así mismo, Doerr (2018) planteó que su primer enfoque para la toma de decisiones difíciles fue fijar las prioridades y a su vez propender a mantener a su personal en el camino del éxito. Es así como la confiabilidad que se enmarca en un Tiempo de falla entre mantenimientos es conceptualmente aplicable al tiempo entre errores del personal, y se debe tener en cuenta el tiempo que se invierte en la gestión de la no recurrencia de estos.

Ejemplo del factor clave en la confiabilidad centrada en el mantenimiento

Establecer políticas asociadas con la eficiencia y la productividad como dos tipos de indicadores aplicados a través de la filosofía de confiabilidad

permite la definición de herramientas a utilizar para las primeras decisiones de control de los resultados. Por lo tanto, hablar del tiempo medio entre fallas de las flotas es abordar el registro oportuno de tiempos como lo es la hora de salida de una aeronave de mantenimiento y el momento en que aparece una nueva falla como factor clave de éxito metodológico.

Así entonces, construir una relación directa entre el liderazgo, la herramienta, la metodología, y con base en el proceso, permite identificar la mayor cantidad de factores clave de éxito o fracaso por criterio de decisión. En consecuencia, la definición de los datos a procesar depende de la estrecha relación que el líder de un proceso tenga con su equipo de trabajo, lo cual hace importante enfocarse en factores clave para la metodología, y en este caso el resultado clave es la disponibilidad de las aeronaves.

La sistematización de los factores clave

El lector ya con esto puede inferir que cuando se sistematiza y se consolida como un hábito abordar desde la perspectiva de los factores clave de éxito o fracaso, se convierte en algo intuitivo para todos los integrantes de un equipo. Aunado al dominio de las responsabilidades y los alcances de cada individuo participante, el desarrollo de un plan de trabajo será indiscutiblemente pertinente para el desarrollo de una operación específica, a través de la determinación de las herramientas de análisis y de proyección de resultados.

Al abordar como caso de estudio el sector de la aviación, la operación se mide en horas de vuelo, con lo cual se programan las actividades de mantenimiento en coordinación con el calendario operacional y las necesidades institucionales. Este planeamiento operacional consolidado en el cronograma de mantenimiento debe ser ajustado recurrentemente, con base en los cambios que afectan la ejecución de las operaciones, llamado también “*novedades en la prestación del servicio de vuelo*”. Es parte de la rutina que debe gestionar un líder y su equipo de trabajo, llevando a que esta revisión a los ajustes de planeación y programación de la operación, se sistematice e impacte en diferentes procesos y servicios tanto internos como externos.

Entendiendo la casuística del sector aeronáutico, pueden variar las fases de mantenimiento dependiendo de la aeronave y el tipo de flota, con influencia directa del plan de vuelo a corto, mediano y largo plazo. Son datos

que permiten establecer las iteraciones que se encuentran previamente definidas en un plan u hoja de trabajo. En el paso a paso, se encuentran variaciones a cada intervención, partiendo del tiempo de vuelo que pueden ser, por ejemplo, de 120, 360, 720 o 2000 horas, que en promedio pueden ser desarrolladas en cuatro meses, consolidando la base del cronograma de mantenimiento institucional. Esto se evidencia en los datos que permiten proyectar informes mensuales de confiabilidad. Con lo anterior, se define como factor clave de éxito determinar políticas que permitan la coordinación de los objetivos y resultados clave del proceso; entonces así el líder de un proceso que no relaciona la política, el objetivo, la estrategia y los resultados es fácilmente identificable con fines de capacitarle en el cómo desarrollar la estrategia, lo cual significa la gestión de la “carencia de la metodología y ausencia de habilidades duras”.

Se proyecta la habilidad dura (*hard skills*) de análisis de datos y el planteamiento de los algoritmos para estandarizar el flujo de información que puede originarse desde la operación de la aeronave. Como ejemplo, el rango de información se establece en los últimos cuatro años de operación, y con ello se procederá a realizar el análisis del ciclo de vida remanente de las aeronaves. Este ejemplo permite visualizar que desde la alta gerencia de la organización aeronáutica se estableció la política del periodo de evaluación, resaltando la importancia de alinear las políticas organizacionales con las necesidades misionales y no viceversa. Se exige de la alta directiva apoyar a los expertos en el uso de metodologías para el alcance de los objetivos. Así mismo, es importante que quien tenga el dominio de la metodología proponga las políticas; sin embargo, el trabajo más delicado es la coordinación de todos los lineamientos para asegurar el buen funcionamiento de los diferentes procesos.

El registro de la información es tan importante como la metodología, afirmación que se enfoca en la calidad del dato para organizarlo y asegurar excelentes resultados. Como ejemplo de estudio, se continua con el tiempo medio entre fallas. El trabajo es registrar la información de la variable tiempo, algo sencillo que presenta muchas novedades en términos de oportunidad en la respuesta del registro de la operación y de los factores que intervienen en el desarrollo de las operaciones aéreas, del soporte que reciben los equipos y las máquinas de las cuales dependen la gestión. Se han desarrollado aplicativos que registran la información en tiempo real

“*in situ*” durante cada actividad, dejando en términos tecnológicos esta responsabilidad. Como el ejemplo anterior, hay una gran cantidad de aplicaciones en donde se aseguran elementos como trazabilidad, objetividad, y sincronización entre el registro y la actividad.

¿Cuáles son las buenas prácticas para aplicar una metodología?

Para responder a esta pregunta, se deben abordar tres elementos a articular de manera ordenada para así determinar la metodología pertinente de aplicación, de acuerdo con el eje temático de la logística, tal cual como se propone en la **Figura 12**. Siendo la perspectiva del líder el punto de partida, el desarrollo de un punto de referencia debe ser complementado con el equipo de trabajo a través de la validación y el enfoque de mejoramiento continuo.

Desarrollo de un punto de referencia

La primera afirmación es que el liderazgo debe ser resiliente y receptivo, llevando a la comprensión del análisis del marco contextual. Como se abordó en el capítulo anterior, se revisan con fuentes externas que permitan comparar criterios de decisión internos con factores de éxito o fracaso evidenciados en el mundo, ya enfocados en el contexto aeronáutico del uso de los componentes (Reyes-Picknell y Sifonte, 2017).

El proceso optimizado para la formulación de políticas de gestión, a raíz de consecuencias de fallas en activos y procesos, se sustenta en la metodología de fiabilidad centrada en mantenimiento (Reliability Centered Maintenance-Reengineered, RCM-R), lo cual como ejemplo lleva al líder del proceso a plantearse el punto de referencia desde “la necesidad de realizar reingeniería a los procesos de confiabilidad”. En la investigación de Caro-Rincón (2021), se estableció que, a través del análisis de fuentes con información de operadores de Estados Unidos, México, Perú, Brasil, Argentina, Chile y Colombia, se encuentra una tendencia marcada hacia la implementación del mantenimiento correctivo. El reemplazo de componentes o productos aeronáuticos averiados se puede proyectar usando metodologías estocásticas, como el uso de las probabilidades que el activo se encuentre disponible para la operación de vuelo, dependiendo de variables como la

participación del número de parte en el mercado, la cantidad de aeronaves que existen en el mercado global, la existencia de proveedores OEM y PAM, etc.

Validación de una metodología pertinente

En la evolución del conocimiento, se han encontrado filosofías de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y el Maintenance Steering Group (MSG) en su tercera generación, que son métodos orientados al desarrollo de programas de mantenimiento preventivos y predictivos pertinentes a la industria aeroespacial. En afinidad con el método, las herramientas que son aplicadas en el sector de hidrocarburos también son factibles de utilizar en el sector aeronáutico. Muñoz-Alvear y Sorzano-Trejo (2017) relacionan empresas como Avianca, Ecopetrol y Latam como organizaciones que en el mercado colombiano y latinoamericano han desarrollado sus modelos de mantenimiento con el uso de sus filosofías (CBM, Lean, SIX Sigma, EFQM, SPT, etc.), y con ello la planeación de sus operaciones parte de los siguientes elementos:

- Disponibilidad de equipos, máquinas, herramientas y demás.
- Tiempo medio entre falla (dependiente de las variables específicas de operación).
- Cumplimiento de la programación (despacho de aeronaves).
- Cumplimiento de la misión (en tiempo y con recursos asignados).
- Tiempo medio para reparar y mantener las flotas aéreas.
- Ciclo de vida útil de los activos
- Flexibilidad para reemplazar capacidades.
- Planeación por familia de capacidades

Así como la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad se basa en asegurar integridad de datos para los análisis pertinentes enfocados en la disponibilidad y fiabilidad de los equipos, se establece para el mantenimiento la norma SAE JA1011 como parámetro y estructura para establecer los criterios de evaluación para procesos, análisis RAM (confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad) y análisis Weibull, con lo que se obtiene qué hacer y qué se debe tener en cuenta para los análisis respectivos. Así mismo, se deben revisar otras fuentes para establecer cómo

hacerlo. Caro-Rincón (2021, p. 98) recomendó que, al realizar una aplicación de esta herramienta, se deben especificar las fallas por un solo modo de falla y determinar un tiempo medio entre fallas según el orden de la criticidad y el mejoramiento continuo. Por lo anterior, se fundamenta la necesidad de una toma de decisión con conocimiento en la metodología.

Como se presenta, la metodología de confiabilidad no es de un paso o una serie de cálculos aislados o desincronizados, lo cual exige que durante la planeación y gestión de los procesos la organización debe enfocarse en cómo ejecutar y evaluar los resultados operacionales de las áreas misionales, tácticas y estratégicas. En consecuencia, la estructura metodológica debe conservar el isomorfismo para todos los criterios de decisión, en afinidad con la definición de los indicadores para el aseguramiento de la medición y el desarrollo de las operaciones. En el contexto, los procesos de confiabilidad en el mantenimiento se enfocan al activo y a la operación, por lo cual para el mantenedor de las aeronaves tiene mayor representatividad y se evidencia la relación de objetivos y resultados clave. Así entonces, el propósito y el responsable de los indicadores responden así mismo a una metodología como el cuadro de mando integral Balance Score Card, que relaciona los indicadores clave de proceso (KPI) y las palancas de control bajo sus cuatro perspectivas: financiera, cliente, capacidad interna y formación y crecimiento (Kaplan y Norton, 2021), y del planteamiento de objetivos y resultados clave (Zambrano *et al.*, 2015). En consecuencia, al tener una estructura y un paso a paso para llegar a resultados claros, acorde a las metas y estrategias, se determina una elección adecuada para ser implementada en la realidad.

Enfoque de mejoramiento continuo

Se deben trazar estrategias para el mejoramiento continuo de la logística aeronáutica. Caro-Rincón (2021, p. 32) relaciona los patrones de falla basados en la metodología de confiabilidad, que en la actualidad se complementa con diferentes requerimientos según sea el propósito final. Entre ellos están los métodos de RCM, el análisis de causas raíz (RCA), el mantenimiento productivo total (TPM), la metodología de inspección basada en el riesgo u optimización costo-riesgo (RBI), el mantenimiento basado en condición (CBM) y el *reliability-availability-maintainability* (RAM), que sirven

como base para el desarrollo de mantenimiento a otros investigadores para tomarlos como base de comparación. Esto permite establecer metas para optimizar los recursos con los que se cuenta actualmente. Sin una estructura y fundamentación de los componentes, la comprobación de los resultados no será del todo aceptada, entendiendo que la práctica debe tener elementos estandarizados para que se garanticen las buenas prácticas. Así nace la pregunta: ¿cómo puedo identificar buenas prácticas para los procesos que desarrollo?

Estándares internacionales para la excelencia

En el mundo globalizado de hoy, existen entidades que agrupan expertos para el desarrollo de estándares y desarrollo de buenas prácticas. Así es que organizaciones como la Organización de Estándares Internacionales (ISO), la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) y los estándares del American Petroleum Institute (API) evidencian que cada industria tiene sus propias normas. En el mundo aeronáutico, se ha establecido la International Aerospace Quality Group (IAQG), organización que se ha consolidado para normatizar y estandarizar las buenas prácticas del sector aeronáutico.

La pregunta “¿sí vale la pena leer una norma si no me voy a certificar?” ha quedado en el pasado. Su presente está en validar si los estándares que exponen como buenas prácticas son susceptibles para implementar en su organización, por lo que la familia de normas del sector aeronáutico corresponde a un objeto dentro de la cadena de valor del sector logístico. Álvarez-Jurado (2020) consolida los estándares de la ISO 55001 versión 2014 en la especialidad de gestión de activos, norma emitida por la Organización de Estándares Internacionales; el estándar AS/EN/JISQ 9100:2016, emitido por la International Aerospace Quality Group, norma especializada en los procesos de gestión del sector aeroespacial; y el estándar IEC/EN 60300-1:2014, emitido por la International Electrotechnical Commission, norma especializada en la gestión de la confiabilidad, a fin de establecer su propuesta de “modelo gerencial de soporte al enfoque en gestión de activos aeronáuticos”.

Así mismo, en la **Figura 16** se presenta la relación de normas aplicadas al sector aeronáutico y, en específico, con la cadena de valor del sector aeronáutico. En ella, se encuentra la relación establecida por Forero-Restrepo

(2020), que permite validar cuáles normas aplican para la organización, y aunque son totalmente independientes unas de otras, conforman la totalidad para el adecuado aseguramiento de los estándares de calidad en el sector aeronáutico. Se pueden citar normas enfocadas a organizaciones de mantenimiento aeronáutico, de distribución de la aviación, de laboratorios metro-lógicos, etc.; así mismo, además de normas, también se pueden citar guías como la de gestión de riesgos aeronáuticos, gestión de activos y seguridad de la información, entre otras, por lo cual se sugiere validar su vigencia.

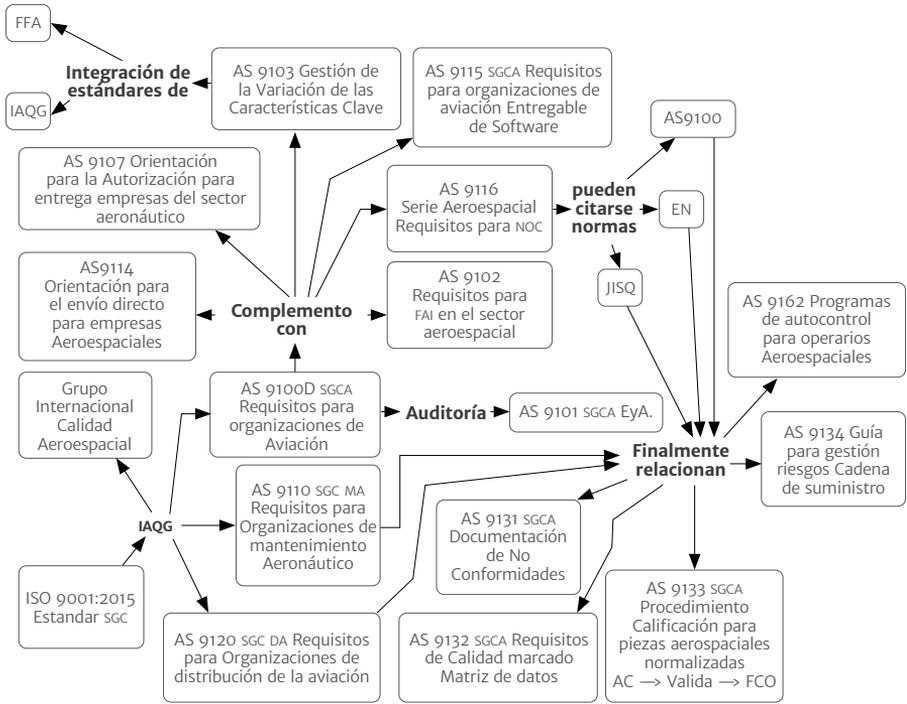


Figura 16. Familia de estándares aeronáuticos

Fuente: adaptado de Forero–Restrepo (2020, p. 44), elaborado con la información suministrada por la norma as9100D.

Nota: Se relacionan las normas que son de certificación independiente, pero se asocia su afinidad entre sí.

Con base en lo anterior, se le presenta al lector que el desarrollo de metodologías que disminuyan los tiempos de aprovisionamiento de componentes o productos aeronáuticos, gestionar los inventarios para contar

con el *stock* según la política basada en los diferentes tipos de suministro, es como se cumplirá un quehacer, siendo esta la razón de mantener un estándar sin la necesidad de certificarse. La certificación solo es tema de reconocimiento y cumplimiento de requisitos comerciales y de tratados de libre comercio que no son aplicables al sector defensa. Enfocarse en la parte técnica de la propuesta de valor para todo tipo de lector es la base; y el enfoque con respecto al tipo de activo, el momento en que este sea requerido, y según los planes operacionales vigentes que deben estar alineados con el soporte logístico, es la clave del porqué basarse en estándares aceptados internacionalmente.

El direccionamiento estratégico, mediante la ejecución de procesos eficientes y transparentes de acuerdo con las normas, políticas y directivas establecidas, se alinearán con lo descrito en las políticas de una organización. En el caso del sector aeronáutico y del sector defensa, la FAC en el Manual de Mantenimiento Aeronáutico, en su segunda versión (2016), establece la estructura del mantenimiento aeronáutico y cómo este debe entenderse, siendo un documento estratégico y aterrizado en la práctica a través de los mensajes técnicos y demás normativas emitidas por las autoridades aeronáuticas y los fabricantes. Podemos empezar a abordar por qué es tan importante relacionar la estructura normativa y legal con el modelo de gestión a diseñar para la organización específica.

En los próximos capítulos, se presentan esquemas para la gestión de activos, el mantenimiento, la confiabilidad y demás procesos temáticos de la logística. Como ejemplo, se abordará el modelo de gestión de planeación por capacidades propuesto por un equipo investigador, en donde se establecen diferentes herramientas para la toma de decisiones oportunas en el desarrollo de las operaciones de mantenimiento aeronáutico, y se complementa con el análisis de modelos presupuestales.

Factores clave en el sector aeronáutico

Como cualquier sector económico, el sector aeronáutico debe estar orientado a la consolidación de mayor productividad. Sin embargo, depende del objeto productivo que tenga la organización. En el caso del sector defensa, la FAC es tanto mantenedora como operadora de diversas flotas de aeronaves. La particularidad de su casuística es la longevidad de sus equipos,

por lo que en términos de planeación con recursos restringidos o limitados se debe establecer una cadena de valor que integre esfuerzos, capacidades internas y capacidades externas (en los últimos años llamados encadenamientos productivos o clústeres aeronáuticos o parques tecnológicos). Con base en el estado del arte del proyecto de Castro-Marulanda (2020), se ha consolidado una nube de términos en la que el gerenciamiento de alianzas con proveedores es la base del mercado.



Figura 17. Factores clave del EVSM aeronáutico

Fuente: tomado del análisis cualitativo de Castro-Marulanda, (2020), realizado en el software Nvivo.

Lo anterior se alinea con la teoría de la cadena de valor, y se enmarca en lo establecido por Jones y Womack (2002), quienes hacen referencia a Rother y Shook (1999). Estos autores son referentes de la gestión de la cadena de valor a través del mapeo del proceso y sugieren que al desarrollar el análisis extendido e involucrar a los proveedores, puede generar mayor valor a todos los integrantes de la cadena. Es así como el desarrollo de la industria de gobierno y la contratación de proveedores debe ser un componente estratégico, tal cual lo muestra la **Figura 17**.

Conclusiones de capítulo

El dominio técnico que implica una habilidad dura (*hard skill*) puede originarse desde cualquier integrante del equipo. Sin embargo, el factor clave

es la estandarización del conocimiento de la metodología, la estrategia y los resultados esperados. En consecuencia, el desarrollo de una herramienta sin este dominio conceptual y procedimental previo llevará a tener resultados erróneos, que generarán reprocesos, toma de malas decisiones o condicionadas a factores que no generan valor corporativo competitivo al proceso y sí llevan a desperdicios de recursos. Por lo tanto, impactan la gestión del miedo como el factor clave para alcanzar los objetivos y resultados clave con personal motivado a través de la comunicación formal de la organización. Así entonces, utilizar las metodologías pertinentes a cada eje temático se entenderá como la herramienta que debe utilizar el líder de equipo para establecer la base del trabajo a desarrollar. Así mismo, para el flujo de la información, se deben consolidar las técnicas metodológicas y sus instrumentos para el registro, manejo, resguardo, flujo, análisis y obtención de los resultados clave.

El respeto es el resultado de esfuerzos continuos a la gestión del miedo y cada uno de los factores de influencia que lo generan, llevando a que la confianza sea un valor organizacional fácilmente destruido y difícilmente recuperable. La estrategia de implementar metodologías enfocadas a un eje temático pertinente lleva a eliminar los aspectos de gestión procesal que requiere las *hard skills*, las cuales deben desarrollarse a través de la confianza que transmita el líder con las *soft skills*, con la premisa de no confrontar, sino asignar valor visible a cada habilidad.

Definir una metodología y estandarizar las obligaciones (productos), los deberes (cumplimiento y compromiso) y el proceso (definición de las actividades y cómo gestionarlas), permitirá al líder eliminar sesgos personales y basarse en el enfoque hacia los resultados. Esto lleva a eliminar el microgerenciamiento y a consolidar equipos que se apoyen y construyan resultados por la motivación, pero no por la obligación.

SECCIÓN II

Metodologías – filosofías – herramientas y su aplicación para el desarrollo de modelos de negocio

El método esta primero y luego llega la herramienta más pertinente.

Si el enfoque es la eficacia, ¿es porque no puedes alcanzar la eficiencia? Quien se enfoca en la efectividad se preocupa por el método que permite eliminar la entropía entre el objetivo y el resultado clave.

Aceptar que las diferentes capacidades y competencias humanas conllevan una perspectiva inherente e individual a cada integrante de equipo, promueve el desarrollo del rol dinamizador de ideas complejas en torno a la mejora de los procesos.

YEISSON ALEXIS RINCÓN CUTA

Introducción

segunda sección

Así como se mencionó en la introducción del libro, el proyecto de investigación del programa de maestría en la Escuela de Posgrados titulado **“Herramientas de gestión para la logística aeronáutica”** llevó a resultados que fundamentan la redacción de los siguientes capítulos. El lector podrá apreciar la aplicación de los conceptos abordados en la primera sección del libro, lo cual se hace imprescindible para concienciar el desarrollo de la estructura de trabajo y la estandarización del lenguaje enfocado a la implementación de buenas prácticas orientadas a resultados. Así mismo, se partió de la aplicación de las metodologías que sirvieron para llevar a cabo los análisis por cada una de las temáticas revisadas por los estudiantes de maestría, cuyos resultados pueden ser vistos desde la perspectiva aeronáutica y aplicados en el sector defensa.

La relevancia de los diferentes aportes de este capítulo radica en el desarrollo de habilidades duras y blandas. El enfoque técnico no debe estar aislado de la gestión. Sin embargo, como se abordó en el capítulo anterior, la integridad del líder de equipo se evidencia aplicando las competencias blandas de liderazgo. Con ello, debe realizar la estandarización rutinaria de los conceptos y de su aplicación, con el apoyo de los integrantes del equipo de trabajo o con ayuda de un experto. Lo que importa es ser efectivo, saber hacer las cosas y utilizar la menor cantidad de recursos para alcanzar el impacto esperado.

La relación de las estructuras teóricas y conceptuales orientadas a la mejora continua a través de la implementación de buenas prácticas se fundamentan en bases ampliamente debatidas por una variada gama de profesionales, lo cual es trabajo adelantado. Retroceder significa no pretender ser

competitivo y, para ello, se fundamenta cada una de las propuestas desde el planteamiento del eje temático, las variables principales de estudio, el enfoque de la investigación realizada y la unidad de análisis. Luego, se aborda la estructura metodológica y los resultados obtenidos en la investigación, invitando al lector a desarrollar la aplicación en su propia organización.

Capítulo 3

La gestión de la demanda

CÓMO CITAR

Rincón Cuta, Y. A., Rincón Sandoval J. G., y Hoyos Gómez, F. (2024). La gestión de la demanda. En *Metodologías aplicadas a la gestión de la logística aeronáutica*. Escuela de Postgrados de la FAC. <https://doi.org/10.18667/9786289646917>

Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 23

**METODOLOGÍAS APLICADAS A LA
GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA AERONÁUTICA.**

FORTALECIMIENTO DEL ENFOQUE DE
LIDERAZGO CON HABILIDADES DURAS
PARA UNA EFICIENTE PLANIFICACIÓN
AVANZADA DE LA CALIDAD

ISBN: 978-628-96469-0-0

E- ISBN: 978-628-96469-1-7

<https://doi.org/10.18667/9786289646917.03>

Bogotá, Colombia

Octubre, 2024

Todas las actividades que hacen parte de la cadena de suministro están estrechamente relacionadas, y el factor de éxito radica en coordinar cada una de las actividades de los ejes temáticos de la logística. La planificación, la organización y el control son la base para que desde el enfoque de la arquitectura empresarial se satisfagan las necesidades de manera eficaz, eficiente y efectiva (Casanova i Villanueva y Cuatrecasas, 2015).

El desarrollo estratégico de capacidades logísticas se basa en la aplicación de conocimientos con un dominio temático desde la teoría de gestión de recursos y capacidades técnicas, tecnológicas y operacionales, mediante propuestas metodológicas orientadas a determinar el nivel de desarrollo y de madurez en la logística de la organización. Medir su contribución del alcance y el sostenimiento de la ventaja competitiva permite a los tomadores de decisiones de la dirección empresarial ajustar y reconfigurar su portafolio para responder oportuna y adecuadamente a los cambios del entorno.

El desarrollo estratégico de capacidades logísticas se basa en el progreso de las capacidades por eje temático, como se presenta en la **Figura 12**. En este se define el alcance, con su origen en las capacidades de gestión de la demanda, de manera que al proporcionar una categorización de los productos y servicios, basado en sus características, atributos y en atención a los requerimientos de las partes interesadas, le permitan a la organización la identificación del máximo objetivo organizacional, la efectividad en el uso de los recursos y el aumento de la productividad desde un componente de impacto como lo es la rentabilidad, que puede ser medida en términos de ingresos corrientes y/o bajo la teoría de precios sombra.

Cabe resaltar que el propósito de un profesional logístico no solo es simplificar y estandarizar las actividades logísticas clave en el flujo de la cadena de suministro. Bajo la premisa de que cada flujo de material requiere un flujo de información, se fundamentan diferentes métodos para el desarrollo de la articulación entre los componentes y los ejes temáticos, lo cual requiere el diseño de un complejo modelo de datos articulado con el proceso, llevando a la inherente articulación con las tecnologías de la información.

Así es como se presenta que el desarrollo estratégico de capacidades logísticas se lleva a cabo bajo la siguiente estructura temática:

- Estado del arte.
- Metodologías para la identificación de las capacidades

- Valoración de capacidades base en el marco de la ventaja competitiva.
- Niveles de madurez de las capacidades logísticas de mantenimiento.
- Identificación de alternativas para la reconfiguración e implementación

En este capítulo, se abordará el estudio de las herramientas utilizadas por los diferentes magísteres y candidatos a magíster en Logística Aeronáutica de la Escuela de Posgrados; estos trabajos se han seleccionado siendo coherentes con la temática. Se seleccionaron trabajos enfocados con variables de demanda de inventarios, activos y la proyección de uso de pronósticos, que corresponden a las cohortes I, II y III de la Maestría en Logística Aeronáutica. Los proyectos llevaron al lector a concientizar por qué antes de desarrollar cualquier trabajo u esfuerzo se debe tener la estandarización conceptual y procedimental de la metodología seleccionada y no solo la iniciativa, que lleva al costo de aprender con la experiencia de los fracasos.

Así entonces, partiendo de las aplicaciones que fueron desarrolladas en los diferentes ejes temáticos de la logística, como el mantenimiento del sector aeronáutico, la propuesta se basa en la premisa de que **“abordar una metodología sin entender su estructura, sus planteamientos filosóficos o sus herramientas hace que los resultados se vean orientados al error”**. Por lo tanto, se relaciona el primer eje temático de la **Figura 12**, en donde se establece que la gestión de la demanda es el detonante para el desarrollo de cualquier actividad empresarial, llevando a la siguiente afirmación: “Sin demanda no puede existir ningún proceso productivo”.

El origen de toda operación logística

De acuerdo con el primer eje temático de la **Figura 12**, que plantea la gestión de la demanda, esta procede de las operaciones aeronáuticas de la institución, las cuales pueden variar bajo el enfoque de gestión, el ciclo de negocio o el ciclo de valor institucional. En el sector aeronáutico, se centra en los siguientes roles:

- Fabricante.
- Operador.
- Mantenedor.

- Proveedor de bienes y servicios, de acuerdo con el nivel de certificación que tenga una organización.

Tomando como ejemplo del ejercicio que el principal valor corporativo que desarrolla la FAC son las misiones aéreas, con el propósito funcional de dominar el aire, el espacio y el ciberespacio, se procede a determinar el rol que necesita desempeñar la institución. De acuerdo con el Reglamento Aeronáutico Colombiano de Aviación de Estado en el número 91 (RACAE 91), que establece las reglas de vuelo y operación, así como en el número 145 (RACAE 145), que establece las reglas para las organizaciones de mantenimiento aprobadas, se define la función de adicional a estos conceptos militares (**Tabla 18**). Lo anterior, para asegurar la independencia y el desarrollo de las actividades misionales.

Tabla 18. Origen de la demanda de acuerdo con el rol

Rol	Actividades	Activo	Enfoque	Origen de la demanda
Operador	Entrenar	Aeronaves	Misional	Capacitación pilotos.
	Volar		Operacional	Desarrollo de operaciones de inteligencia, apoyo humanitario y transporte, entre otros.
	Combatir		Valor corporativo	Operaciones de defensa y estrategia militar.
Mantenedor	Abastecimiento	Componentes Productos	Apoyo logístico para el sostenimiento	Cantidades definidas con base en el MRP.
	Distribución			Hojas de ruta y listas maestras.
	Transporte	Carga y pasajeros		Necesidades y solicitudes.
	Almacenes	Inventarios		Requerimientos para inspecciones y mantenimientos.
	Compras	Misceláneos		Programa Anual de Soporte Logístico Operacional.
	Técnico	Aeronaves		Inspecciones programadas e imprevistas de las aeronaves.

Fuente: elaboración propia.

Nota: La demanda tiene diferentes enfoques y fuentes que de manera pertinente se ajustan al eje temático.

Otros reglamentos a considerar para la definición de los roles se derivan de la criticidad de cumplir con requisitos. Cada exigencia establece un conjunto de recursos que deben ser optimizados en la búsqueda de mayor eficiencia en la gestión presupuestaria y de disponibilidad de las capacidades de la organización. Esos otros reglamentos son los siguientes:

- RACAE 21 – Certificación de productos aeronáuticos y reconocimiento de organizaciones de diseño y producción.
- RACAE 43 – Mantenimiento.

Como se resaltó antes, los documentos mencionados deben ser abordados para el sector civil colombiano con la sigla RAC y a nivel regional con la sigla LAR.

Al realizar la identificación de la demanda, se procede a estudiar la metodología a usar. Como ejemplo, se presenta la **Tabla 19** que se utilizó como herramienta para hacer la comparación de los principios y las filosofías, y evaluar la pertinencia para el desarrollo de los análisis por parte de un líder o equipo de trabajo. En el caso de la gestión de proyectos, se han consolidado doce metodologías e identificado un total de dieciséis principios teóricos, relacionados con las características de las buenas prácticas en la gestión de proyectos. Luego de ello, se tomará como ejemplo filtrar las metodologías desde el sexto principio “comunicación clara”, con el fin de descartar del listado seis de las metodologías que no cumplen con la prioridad para este concepto.

Dado lo anterior, se infiere que el líder que plantea claramente sus objetivos y resultados clave puede proyectar los principios rectores de su metodología de trabajo. A su vez, analiza y selecciona, con base en un método estándar, la metodología de trabajo para el equipo desde la base del conocimiento previamente aceptado. Lo general es que parte de su equipo de trabajo ya hubiera abordado el método, con lo cual la coordinación de esfuerzos se facilita. Así mismo, se controla la entropía y se reduce la incertidumbre del trabajo, llevando a generar confianza entre el equipo de trabajo.

Métodos de análisis de demanda

En palabras de Hoyos-Gómez (2019), quien hace referencia y continuidad a la investigación iniciada por Silva-Martínez (2017), se abordan los elementos de la **Tabla 20** desde un análisis de la estructura de la gestión de los inventarios en componentes, repuestos, productos de nivel 1 y llantas, entre otros que son demandados por la operación y requeridos para el soporte logístico aeronáutico.

Tabla 19. Relación de metodologías y principios

		Principios															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nombre	Aplicación	Colaborativa	Rápida y efectiva	Iterativa	Respalda por datos	Valora a las personas por encima de los procesos	Comunicación clara	Proceso sistemático	Ciclo de proyecto	Equipos pequeños	Equipos medianos	Equipos grandes	Visualizar mejor los flujos de trabajo	Enfoque de recursos restringidos	Tareas más importantes del proyecto	Eliminación de desperdicios	Enfoque a la eficiencia
Metodología ágil	Gestión de proyectos	X	X	X	X	X											X
		Gestión de proyectos integral.															
Scrum	Gestión de proyectos	X	X		X	X	X	X	X	X		X					X
		Gestión de proyectos integral. Trabajos de gran calidad.															
Kanban	Gestión de proyectos							X	X	X				X	X		
		Gestión de proyectos por importancia. Trabajo por resultados.		X													
Programación extrema	Gestión de proyectos		X	X	X	X	X	X	X						X		X
		Gestionar proyectos dinámicos con plazos ajustados.															
Scrumban	Gestión de proyectos	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X					X
		Gestión de proyectos integral. Trabajos de gran calidad															

Continúa

		Principios															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nombre	Aplicación	Colaborativa	Rápida y efectiva	Iterativa	Respalda por datos	Valora a las personas por encima de los procesos	Comunicación clara	Proceso sistemático	Ciclo de proyecto	Equipos pequeños	Equipos medianos	Equipos grandes	Visualizar mejor los flujos de trabajo	Enfoque de recursos restringidos	Tareas más importantes del proyecto	Eliminación de desperdicios	Enfoque a la eficiencia
Modelo de cascada o ciclo de vida de desarrollo de sistemas (SDLC)	Gestión de proyectos		X	X		X	X	X	X	X		X					
Projects in Controlled Environments (PRINCE2)	Puesta en marcha del proyecto. Dirección del proyecto. Inicio del proyecto. Control del proyecto. Gestión de la entrega de productos. Gestión de los límites de cada fase. Cierre del proyecto.		X	X		X	X	X				X					
six Sigma	Gestión de calidad. six Sigma. Lean. six Sigma ágil. DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar).	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			

Continúa

		Principios															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nombre	Aplicación	Colaborativa	Rápida y efectiva	Iterativa	Respalda por datos	Valora a las personas por encima de los procesos	Comunicación clara	Proceso sistemático	Ciclo de proyecto	Equipos pequeños	Equipos medianos	Equipos grandes	Visualizar mejor los flujos de trabajo	Enfoque de recursos restringidos	Tareas más importantes del proyecto	Eliminación de desperdicios	Enfoque a la eficiencia
	Filosofía																
Lean	Muda (desperdicio). Mura (discrepancia). Muri (sobrecarga).			X			X	X	X	X					X	X	
Método de la ruta crítica (CPM)	Planeación de actividades. Control de avance de proyectos.	X			X		X	X	X	X	X		X		X		X
Gestión de proyectos por cadena crítica (CCPM)	Buffer de recursos. Dependencia de la tarea nivelación de recursos. Seguimiento de tiempos multitareas.		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X		
Gestión de proyectos Lean	Gestión de proyectos.	X		X	X	X	X			X	X	X	X		X	X	

Fuente: elaboración propia, con base en Institute Asset Management (2015), Edge (2019) y Tiwari et al. (2020).

Tabla 20. Variables investigadas en la planeación de pronósticos de demanda

Variables principales	Ejes temáticos	Enfoque	Unidad de análisis
Clasificación de inventarios	Planeación	Productividad	Inventarios
Planeación de requerimientos	Gestión de demanda		Pronósticos
Presupuesto			Tendencias de consumo

Fuente: *elaboración propia*.

Nota: Se mencionan las variables generales, las específicas corresponden a cada una de las investigaciones.

A partir de lo anterior como base del método, se deben relacionar los tipos de pronósticos que permiten estudiar el comportamiento de un conjunto de elementos que redundan en los presupuestos y costos asociados a los inventarios, las compras y demás actividades concernientes al abastecimiento. Como ejemplo para la gestión y el análisis de la demanda, se relaciona el cronograma de mantenimiento aeronáutico, sin este insumo no puede validarse ningún requerimiento del soporte logístico, dado que el modelo exige tener una entrada de datos plenamente definida. En el caso del sector aeronáutico, se procede a determinar cuántas horas de vuelo se asigna a una aeronave. Tener diez, cien o mil aeronaves implica un aumento proporcional de información que pretende determinar el número de mantenimientos para una aeronave, siendo esto parametrizado por el manual de mantenimiento del fabricante del activo. Por lo tanto, el análisis de las capacidades de mantenimiento lleva a estudiar la disponibilidad de cada una de las capacidades instaladas (habilitadas) y certificadas; y a los análisis de disponibilidad para cada una de las variables.

Plan de requerimientos de materiales (MRP)

Se establece como el método para determinar las cantidades totales de requerimientos para el soporte logístico aeronáutico, basado en la teoría de sistemas de planeación y control de la producción abordada por Chapman (2013). Es aplicado en el análisis de las capacidades, y permite a la institución articular de manera determinística un programa detallado de componentes, materiales e insumos. La lista maestra de materiales, como herramienta establecida por el fabricante, ya presenta una estandarización ideal para el cálculo pronóstico de la demanda; y el número de mantenimiento por fase para cada una de las aeronaves, relacionado con

la casuística interna institucional, permite consolidar el plan maestro de producción (PMP) para estudiar la disponibilidad de las capacidades. El PMP se debe calcular para cada una de las unidades logísticas de cada flota; así mismo y dependiendo de la organización, si esta tuviera un MRO, también debe tener un PMP específico. La consolidación de los PMP para cada una de las unidades permite consolidar las necesidades a ser suplidas por proveedores externos, lo cual en el consolidado se convierte en el Plan Anual de Soporte Logístico Operacional (PASLO) de la organización.

Entre las condiciones a tener en cuenta para obtener un resultado cercano al óptimo deseado se encuentra la de establecer la política de trabajo con un horizonte de tiempo que le permita tener el control de la operación; así es como se presenta la primera selección de método para la gestión de todos los requerimientos:

- Corto plazo - 12 meses - PMP - PASLO
- Mediano plazo - 12 a 18 meses - Planeación agregada - PMP extendido
- Planeación a largo plazo - 18 meses y superior - Planeación estratégica

Lo anterior debe estar planeado a corto y a largo plazo, de manera que el plan de trabajo hubiese sido proyectado con una vigencia mínima del último cuatrienio y ajustado antes de iniciar la vigencia anual, con una clara proyección de ajuste de seis meses para anticipar novedades derivadas de la toma de decisiones estratégicas de la alta gerencia de la organización. Esto ayuda a controlar variables como la cantidad de elementos a comprar, la cantidad de presupuesto requerido y la asignación de recursos escasos. Así entonces, se enfoca en consumir los inventarios existentes en la institución, por lo cual el factor clave en los pronósticos por series de tiempo es anticiparse a los cambios de la demanda.

La casuística del sector aeronáutico establece que la planeación del cronograma de mantenimiento puede verse alterada por las novedades en la programación de vuelo, dependiendo del consumo de horas de vuelo que una aeronave opere durante el periodo, adelantando o atrasando su ingreso al servicio de mantenimiento y dando inicio a las actividades de inspección, almacenes, transporte, abastecimiento y mantenimiento. En consecuencia, la planeación de gestión de la demanda se articula con la planeación del cronograma de mantenimiento y con la política de abastecimiento en

periodos (t-i), siendo (t) el periodo actual e (i) el número de periodos establecido por la alta gerencia o el equipo planeador del mantenimiento aeronáutico, a fin de recepcionar los elementos requeridos para el desarrollo de las actividades de mantenibilidad para las flotas.

Como puede establecerse, la variable de tiempo de llegada de un elemento para su uso durante el servicio de mantenimiento es el factor clave, que debe articular a los responsables del taller que solicita de acuerdo con el cronograma establecido y con la lista maestra de materiales, el almacenista, el responsable de las compras, el proveedor aeronáutico y las novedades registradas durante las inspecciones; se convierte en un proceso complejo de gestión que requiere el análisis respectivo. En consecuencia, los cálculos del MRP están proyectados con base en las relaciones causales entre los roles que tienen a cargo las diferentes responsabilidades según su propósito específico, establecidos como se expone en la **Tabla 21**.

Factor clave “tiempo de espera por abastecimiento”

Partiendo de una comprensión global del abastecimiento y derivado de la demanda establecida en la matriz de necesidades de la organización, se orienta el análisis de todos los desperdicios a la variable tiempo y su contexto. En este caso, se refiere a todo el proceso de abastecimiento, iniciando con la definición de cantidades requeridas en un tiempo establecido por parte del solicitante (puede ser el inspector, el jefe de mantenimiento o el responsable asignado por el equipo de trabajo); y continúa con el almacenista con la validación de existencias y entrega con los inventarios. Sin embargo, aquí la política de esta solicitud requiere ser estudiada como factor clave, derivado del grado de incertidumbre generado por la existencia de elementos en almacén y los tiempos cortos de atención para eventos planeados y no planeados, lo cual podría llevar a impactos no deseados por un consumo acelerado de componentes, repuestos, materiales o insumos.

La generación de desperdicios en tiempo muerto a causa del abastecimiento descoordinado tiene como origen diferentes roles relacionados en la **Tabla 21**. Así, se establece la importancia de tener un equipo de compras alineado con las necesidades del proceso, sirviendo de apoyo a la gestión de abastecimiento y no de asesor o consultor. Con lo anterior, se explica cómo las empresas caen en la subdivisión de las funciones de asesoría legal, de compras y de fuentes de financiación, que son requeridas en un alto nivel

de especialización y por lo cual hacen parte de los responsables para la consecución de los resultados y no como elementos de control. El factor clave es abordar el proceso y no la existencia de diferentes áreas, lo cual lleva al estudio de la efectividad real en la generación del valor corporativo en las actividades de apoyo logístico durante el abastecimiento y toda la gestión de adquisiciones.

Tabla 21. Ejemplo relación causal para un óptimo MRP

Política	Variable	Meta	Responsables
Optimizar el uso de los recursos establecidos para el servicio de mantenimiento	Tiempo de espera por abastecimiento	Indicador en cero (0)	Solicitante Almacenista Comprador Jurídico Financiero
	<i>Lead time</i> (tiempo de aprovisionamiento)	Mínimo establecido en un acuerdo de nivel de servicio (ANS)	Almacenista Comprador Externo: Proveedor
	Calidad en los ítems suministrados	Aseguramiento de requisitos de aeronavegabilidad	Comprador Solicitante
		Eliminar las novedades / reprocesos / gestión de las garantías	Externo: Proveedor
Cantidad de elementos requeridos y adquiridos	Minimizar la inversión o compra de elementos	Solicitante Almacenista Analista de pronósticos Comprador	

Fuente: *elaboración propia.*

A partir de la base del sistema de conocimiento profundo de Deming, referenciado por parte de Luis Guerrero-Cusumano en (2018), lo importante de cualquier análisis y articulación del proceso es la gestión de la incertidumbre y la entropía entre lo planeado y los resultados. En consecuencia, exige tener un conjunto de políticas previamente definidas que le permitan a todo el equipo de trabajo asumir sus responsabilidades y asegurar que los tiempos de espera sean los mínimos, incluso eliminándolos totalmente de la organización. De tal modo, el proceso de planeación efectiva se articula con las capacidades de la organización y los resultados clave que suelen definirse como los parámetros de control. Así, se promueve la

siguiente premisa: “La existencia de tiempos de espera se puede atribuir a un conjunto de políticas mal enfocadas”.

Un tiempo de espera no puede confundirse con un tiempo de suministro, confusión que proviene de la traducción al español de *lead time* en la literatura de habla inglesa. Este concepto se enfoca en el tiempo de ciclo o en el tiempo que transcurre para la entrega de elementos relacionados con una orden de pedido, lo cual claramente es un periodo con tareas a desarrollar. Así mismo, se orientaría al planeador para determinar el tiempo que transcurriría para dar cumplimiento desde que un solicitante realizó la orden, por lo que el *lead time* es el tiempo específico que debe tenerse para calcular las cantidades del MRP. En consecuencia, las partes interesadas deben ser agrupadas en torno a la gestión del proceso, a fin de alcanzar el propósito del abastecedor del proceso y el administrador de las capacidades del proceso, lo cual significa articular la demanda dependiente y la demanda independiente, en términos de las variables estudiadas.

Como ejemplo, se presenta el mantenimiento de un Black Hawk (UH-60). Se tiene la información por diseño que tiene dos motores que deben entrar a mantenimiento de acuerdo con lo establecido por el fabricante en términos planeados y por imprevistos durante su operación de vuelo. En la **Tabla 22**, se presenta la relación directa de la necesidad independiente de las decisiones de la organización y la relación dependiente de las decisiones internas del proceso. Esta decisión del proceso depende de una decisión basada en una política organizacional de gestión de inventarios y de recursos; sin embargo, la toma de decisión puede aplicarse más que a las cantidades, de acuerdo con el modelo conceptual de Chapman (2013) y acogido en los planteamientos de Jacobs y Chase (2018, p. 601), para el desarrollo de los modelos de MRP. Se abordan variables como el tiempo a través del *lead time* y *takt time*, entre otros indicadores, así como el tiempo y la cantidad a través del punto de reorden.

La reflexión teórica se encamina a que todas las operaciones están ligadas al estudio de costos. Sin embargo, planear entendiendo la existencia de mínima entropía permite prepararse para gestionar lo planeado y reportar lo ejecutado, con lo cual se determinan los términos del objetivo y resultado clave del proceso, y se le permite a la organización a través de sus equipos de trabajo identificar los niveles de acuerdos de servicio para la optimización del proceso. Establecer el flujo de datos y materiales hace parte

esencial de los resultados de la organización, con herramientas como el diagrama de datos y materiales, el Value Stream Mapping, el Business Process Model and Notation (BPMN), etc. En este sentido, Tovar–Olmos (2021) presenta un marco conceptual en torno a la gestión de proyectos, abordando herramientas de planeación como PERT / CPM, SCRUM, y estrategias como *fast tracking* y *crashing*. En las actividades de mantenimiento del Embraer 312 Tucano, se plantearon las variables presentadas en la **Tabla 23**.

Tabla 22. Ejemplo de demanda dependiente e independiente

Demanda independiente	Cant.	Ejemplo 1: demanda dependiente (Principal)	Cant.	Ejemplo 2: demanda dependiente (Política)	Cant.
Mantenimiento UH-60		Mantenimiento anual			
	1	Motores turboeje General Electric T700-GE700	2	Motores turboeje General Electric T700-GE700	1
		Mantenimiento periodicidad trimestral		Mantenimiento periodicidad semestral	
	4	Motores turboeje General Electric T700-GE700	8	Motores turboeje General Electric T700-GE700	4

Fuente: elaboración propia.

Nota: Se presenta el caso de estudio de un UH-60, que tiene dos motores, por lo que cada solicitud de mantenimiento se multiplica por dos para obtener la cantidad de motores. Como política, se tiene que realizar un mantenimiento adicional a un motor de reserva, a razón del nivel de consumo o punto de reorden requerido. Políticas como estas dan pie para el cálculo de cuatro helicópteros que requieren ocho motores en la vigencia. La política abordada son los mantenimientos de cada helicóptero trimestralmente, dejando al cálculo dos motores trimestre. Sin embargo, tiene una política adicional con periodicidad diferente para cada motor de reserva, reparando cada semestre dos unidades, lo cual le permite configurar los requerimientos con los tiempos de holgura.

Dado lo anterior, y posterior al análisis del proceso de mantenimiento, se establece como factor clave de éxito determinar el comportamiento de cada una de las variables que serán susceptibles como criterios de decisión para la elaboración del cronograma de mantenimiento para la vigencia. Esto incluye la validación de las cantidades de los requerimientos, como se observa en los pronósticos. Se vincula la hoja de ruta con el listado maestro de material para el desarrollo del mantenimiento; y cada programación de mantenimiento deriva el análisis de la disponibilidad de personal y de recursos asignados a los talleres. La disponibilidad es evaluada con base en conceptos como el tiempo y la capacidad de hacer o no una tarea en cumplimiento de los requisitos de aeronavegabilidad.

Tabla 23. Variables estudiadas en la planeación del mantenimiento aeronáutico

Variable	Estado de la variable	Detalle	Impacto
Personal	Cantidad	Se presentan diferentes especialidades para el desarrollo del mantenimiento.	Disponibilidad del recurso humano.
Tiempo	Días	Asignación de acuerdo con el requerimiento de la tarea.	Cronograma del plan de mantenimiento.
Tareas	Cantidad	Depende del orden de precedencia (secuencia) y si tiene holgura para su programación.	Ruta crítica del proyecto.
Taller	Aviones Aviónica Estructuras Motores Hidráulicos Eléctricos Armamento	Tiene secuencia de acuerdo con el proceso establecido en la hoja de ruta del servicio de mantenimiento.	Disponibilidad de la capacidad instalada en: <ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura • Bancos, máquinas y herramientas. • Materiales e insumos

Fuente: *elaboración propia.*

En consecuencia, la articulación de las cuatro variables de la **Tabla 23** implica la gestión de la interdependencia de cada criterio de decisión. Cabe destacar que, producto de la investigación específica, se encontró que las desviaciones de planos, la modernización, los imprevistos operacionales, la disponibilidad de personal y la adquisición de material se consideran factores de alto riesgo de impacto en el cronograma de mantenimiento aeronáutico, llevando a la planeación de los recursos para el mantenimiento. Sin embargo, la proyección establecida por el fabricante la relaciona Tovar-Olmos (2021, p. 18) en la **Tabla 24**, enfocándose en la fase de mantenimiento de 125 horas de vuelo de las aeronaves.

Para desarrollar los cálculos posteriores que se consolidan en el cronograma de mantenimiento, se tiene en cuenta la siguiente hoja de ruta que se encuentra en la parte C del capítulo 21 del manual para el mantenimiento del aire acondicionado como inspección intermedia, referenciada por Tovar-Olmos (2021, p. 70):

- Primera actividad: Compresor y su accionamiento / embrague electromagnético para uso general estado, seguridad y limpieza.
- Segunda actividad: Ductos y accesorios ubicados en la región del motor para uso general estado, fugas y seguridad.

- Tercera actividad: Evaporador, válvula de expansión y sensores de temperatura para estado general, seguridad y limpieza.
- Cuarta actividad: Recipiente / deshidratador para estado general (Post-mod SB 312-021-0012/312-021-0016/312-021-0017).
- Quinta actividad: Carga de freón en la mirilla de humedad.
- Sexta actividad: Válvula de cierre de purga de aire para el funcionamiento.

En consecuencia, la lista maestra de materiales para una hoja de ruta como la mencionada requiere el cálculo previo de precedencia que debe calcularse siguiendo este proceso y las capacidades asociadas. Según este ejemplo, la planeación (ver variables planteadas en la **Tabla 23**) se estima de acuerdo con lo planteado por Tovar-Olmos (2021), quien en su desarrollo investigativo presenta una holgura promedio de 28,89 % del tiempo para el mantenimiento señalado, evidenciando la sobrecarga que existe en el día tres de trabajo. Sin embargo, existe la probabilidad de redistribuir tareas utilizando las herramientas pertinentes con *fast tracking* y *crashing*, conforme con el requerimiento y la urgencia de la disponibilidad de la aeronave.

Tabla 24. Relación de fases de mantenimiento Embraer EMB-312 Tucano

Fase mantenimiento (horas de operación)	Descripción (establecida por el fabricante para diferenciar fases de mantenimiento)	Duración estimada (días)	Tareas (cant.)
125	Intermedia	13	221
250	Básica (básica menor)	16	191
375	Intermedia	13	221
500	2 básica (básica mayor)	25	263
625	Intermedia	13	221
750	Básica (básica menor)	16	191
875	Intermedia	13	221
1000	4 básica	25	67
1125	Intermedia	13	221
1250	Básica (básica menor)	16	191
1375	Intermedia	13	221
1500	6 Básica	25	13

Fuente: Tovar-Olmos (2021, p. 18).

Como se denota en la **Tabla 25**, se presentan holguras importantes en el tercer y el séptimo día, al ser identificada la ruta crítica de las actividades y que origina programar el orden de trabajo. Esto presenta una oportunidad en la extrapolación de la planeación de las flotas aéreas de la institución para el desarrollo de la optimización de los recursos y del tiempo para agilizar el alistamiento de las aeronaves. Ahora sí, entendiendo las implicaciones de las decisiones y las políticas asociadas con la gestión de la demanda, se procede a presentar los cálculos asociados con el MRP y los conceptos para abordar los requerimientos de cada una de las inspecciones programadas y esperadas como parte del pronóstico de imprevistos.

Tabla 25. Análisis de trabajo mantenimiento de aeronave Embraer 312

Mantenimiento Embraer 312									
Día de trabajo	Armamento	Aviones	Aviónica	Eléctricos	Estructuras	HYD	Motores	Tiempo ejecución	Holgura
01		7			2,5		3	12,5	9,09%
02				1,5		10		11,5	25,00%
03	4	1,5		4,5			13,5	23,5	54,17%
04		4	4,5		3			11,5	30,00%
05		9		1	3,5			13,5	23,53%
06		3		3				6	16,67%
07	11	4	3					18	43,75%

Fuente: adaptado del trabajo de Tovar-Olmos (2021) basado en las metodologías de gestión de proyectos PERT/CPM, SCRUM, fast tracking y crashing.

Debido a lo anterior, en la **Tabla 26** se presentan ejemplos para el soporte de los cálculos a desarrollar en la metodología de planeación de requerimientos de materiales para la gestión de la demanda. No obedecen a simples operaciones aritméticas, sino que requieren comprender en su totalidad la metodología para asegurar el buen desarrollo de las operaciones, a través de la definición de políticas de abastecimiento adecuadas para la articulación de las diferentes áreas y sus responsables. En complemento del análisis de las cantidades planificadas de pedidos, se presenta el estudio a través de pronósticos de series de tiempo, debido a los imprevistos que se evidencian en el sector aeronáutico.

Tabla 26. Requerimientos de MRP

Concepto	Descripción	Ejemplo principal	Ejemplo componentes secundarios
Requerimientos brutos (RB)	Cantidad total necesaria del elemento principal para proyectar unidades asociadas como parte de este para proyectar cantidades del PMP.	Motores	Pistones, válvulas, bujías, bielas y ejes, entre otros.
Recepciones programadas (RP)	Representa las cantidades que por compra u orden de producción se tendrán para la fecha de inicio de la actividad de mantenimiento.	Se espera recibir ocho pistones y quince válvulas dos semanas antes del mantenimiento	
Proyección de disponibilidad (PD)	Representa la cantidad de inventarios al final del periodo señalado.		Cantidades por elemento
Requerimientos netos (RN)	Es la cantidad ajustada entre lo requerido, lo programado por llegar y los inventarios en el almacén.	$RB - RP - PD = RN$	
Liberaciones planificadas de pedidos (LPP)	Indican lo que debe comprarse o producirse, en un tiempo determinado y en las cantidades establecidas con base en las políticas de abastecimiento.	Factor clave: son las cantidades de requerimientos netos que deben alistarse en el número de periodos definido por la política para dar flexibilidad a la gestión de compras y almacenes, según la variabilidad de las horas de vuelo de la aeronave a intervenir.	

Fuente: adaptado de los conceptos de Chapman (2013, p. 133), Silva-Martínez (2017), Hoyos-Gómez (2019) y Pastrana-Collazos (2021), quienes establecieron el análisis de las cantidades de material a ser suministrado con las diferentes herramientas para determinar las compras y los tiempos a desarrollar.

Pronósticos basados en series de tiempo de materiales, componentes e insumos, entre otros

Los cálculos requeridos para la toma de decisiones no se basan únicamente en las cantidades, sino también en el análisis del comportamiento. Como lo menciona Silva-Martínez (2017), esto se relaciona con la desviación típica y el margen de error evidenciado de acuerdo con el método de incertidumbre establecido. Igual lo expone Hoyos-Gómez (2019), quien establece la validación del pronóstico con el análisis de la casuística específica del ítem involucrado, con enfoque en variables como:

- Fiabilidad del dato, derivada en la cantidad de registros de seguimiento que permite establecer una demanda.
- Unidades solicitadas, en relación con la cantidad de elementos por ítem requeridos por el solicitante.
- Cantidad establecida con el cálculo del pronóstico, la proyección de las necesidades en parámetros estadísticos.
- Mínima entropía, la diferencia entre lo solicitado, lo requerido, lo proyectado y el presupuesto asignado.

Con base en lo anterior, se deben identificar los requerimientos para el desarrollo de las capacidades de mantenimiento aeronáutico, partiendo de las políticas para un adecuado análisis de los pronósticos dentro de la institución. Se procederá a determinar las cantidades con el menor margen de error, y luego el método de validación de estas llevará a determinar las técnicas específicas de proyección de cantidades para cada una de las flotas aéreas. En este sentido, el pronosticador dependerá de la información organizada y con fiabilidad para gestionar con base en la estructura de inventarios. En el caso de la FAC, la estructura se subdivide por el factor de rotación y el costo de los elementos, con lo que se consolida la estructura ABC, que caracteriza todos los activos adquiridos por la institución en los siguientes niveles:

- **Tipo A:** Presenta un costo elevado del activo, que impacta el rubro de inversión. Su uso debe estar muy detallado y condicionado a un activo específico, lo que limita su rotación.
- **Tipo B:** Presenta alto o medio costo del activo, que impacta moderadamente el rubro de inversión. Presenta alternativas de uso, sin embargo, implica control de los inventarios.
- **Tipo C:** Presenta bajo costo del activo, que impacta leve o moderadamente al rubro de inversión. Presenta alternativas de uso, sin embargo, implica control de los inventarios.

Se debe tomar cada uno de los inventarios y categorizarlos de modo que se evidencie la participación de cada tipo de inventario (A, B y C). De esta manera, una de las problemáticas para la gestión de la demanda se centra en el estudio de los almacenes, cuyo factor clave de fracaso es el

desvío en el cumplimiento de la política de gestión de activos. Como ejemplo, en la **Tabla 27** se presentan los objetivos necesarios para sostener una gestión utilizando las metodologías de MRP-PMP en el Plan Maestro de Soporte Logístico.

Tabla 27. Ejemplo de factores de fracaso en gestión de inventarios

Política	Objetivos	Alternativas de estrategia	Factor de fracaso
Optimizar el presupuesto del sector defensa	Mantener niveles óptimos de inventarios	Mantener stock mínimo de inventarios	Aumento de inventarios sin control.
		No tener inventarios	Existencia de inventarios
		Gestionar bajo la cantidad económica de pedidos	Ordenar en condiciones diferentes a las establecidas

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la proyección a través de series de tiempo expuesta en la **Tabla 28**, se abordan cinco de las técnicas existentes. Aunque los cálculos son importantes, se procederá a mostrar la estructura y los resultados obtenidos con base en la investigación aplicada en la institución estudiada. Sin embargo, el planteamiento del método de análisis que hace Hoyos-Gómez (2019) trata las variables requeridas para el procesamiento de datos, según el tipo de variable estudiada, con base en la demanda establecida por cada una de las flotas aeronáuticas de la institución.

Desde un enfoque operacional, se extraen las variables conocidas, a saber: las horas de vuelo, el cronograma de mantenimiento aeronáutico (fecha y cantidades), los requerimientos planteados desde las diferentes áreas funcionales, la cantidad de inventario y las unidades estimadas a llegar derivado de los procesos de compras. Ahora bien, las variables desconocidas se vinculan a los factores que presentan comportamientos no predecibles, erráticos o con alta variación que dificultan su control de manera determinística. Como ejemplo, se encuentran las capacidades de los pilotos, el clima para el desarrollo de operaciones de vuelo, las actualizaciones en documentación técnica, las novedades por imprevistos en infraestructura, etc. Estas se articulan con las necesidades, parametrizando los datos para así proyectar el comportamiento de la demanda con el menor margen de error posible, con el propósito de establecer el orden de prioridades para la inversión de los recursos clave de la organización. Esto último atiende la afirmación de Hoyos-Gómez (2019, p. 49) de que “no es posible usar un método único de cálculo de la demanda”, llevando a dar validez a los indicadores:

- Middle Absolute Desviation (MAD) – Desviación media absoluta
- Middle Squared Error (MSE) – Error cuadrático medio
- Middle Absolute Porcentage Error (MAPE) – Error medio absoluto porcentual

Tabla 28. Ejemplos de aplicación de técnicas de pronóstico adaptativo

Técnica	Característica	Componente sistemático
Promedio móvil simple Suavizamiento exponencial simple	La demanda no tiene una tendencia o estacionalidad observable.	Demanda = Nivel
Suavizamiento exponencial con corrección por tendencia (modelo Holt)	La demanda posee una tendencia, pero no una estacionalidad observable. Busca encontrar los valores óptimos de las constantes de atenuación del promedio de los datos (α), la tendencia (β) y el componente estacional (γ).	Demanda = Nivel + tendencia
Regresión lineal	Cuando la demanda posee una tendencia, pero no una estacionalidad observable.	
Suavizamiento exponencial con corrección por tendencia y estacionalidad	(Modelo Winter) Cuando la demanda posee una tendencia y una estacionalidad observable.	Demanda = (Nivel + tendencia) * estacionalidad
Promedios móviles autorregresivos integrados (Arima) o metodología de Box-Jenkins	Se conforma por los componentes autorregresivo (p), integrado (d) y de media móvil (q) que utilizan las variaciones y correlaciones existentes.	Demanda = (Nivel + tendencia) * estacionalidad
Redes neuronales recurrentes de gran memoria a corto plazo (LSTM)	Realizan operaciones lógicas que le permiten memorizar patrones y dependencias.	Modelo moderno con enfoque de <i>machine learning</i>
Bosque aleatorio	Promedia todos los pronósticos para obtener un pronóstico final, con menor error que los pronósticos individuales.	Modelo moderno con enfoque de <i>machine learning</i>
Arima-LSTM	Combinación de los modelos Arima LSTM.	Modelos modernos con enfoque estocástico en aprendizaje continuo.
Facebook Prophet	Un modelo fácil de usar que busca que las tendencias no lineales se ajusten a la estacionalidad anual, aun cuando se tengan datos faltantes. Matemáticamente se sustenta en series de Fourier y en la regresión aditiva.	

Fuente: tomado de Silva-Martínez (2017, p. 40), quien lo adaptó de Sunil y Meindl (2008) y de Fierro-Torres et al. (2022).

Nota: El análisis gráfico de los datos ayuda en la identificación del modelo a utilizar. A su vez, esto se corrobora con la aplicación de los resultados de los errores de pronóstico, que son la diferencia entre la demanda real y lo que se hubiera pronosticado. En la casuística se valida ajustando el cálculo con un método diferente si es necesario. La elección del método se basa en los tres tipos de error: desviación media absoluta, error medio absoluto porcentual y error porcentual.

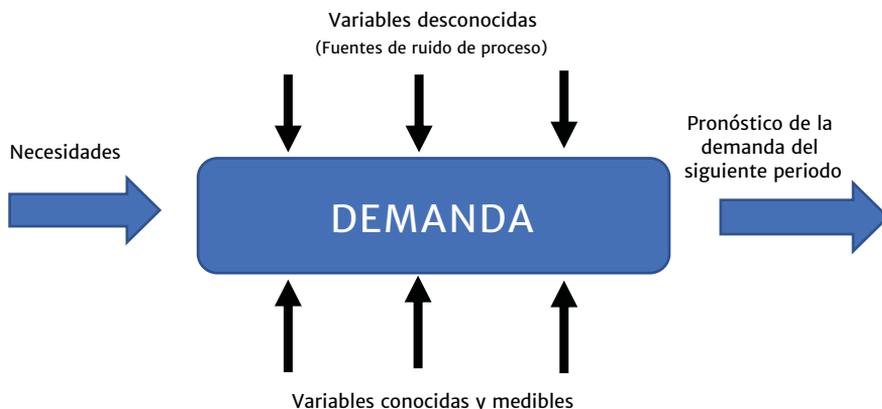


Figura 18. Proceso de demanda material aeronáutico

Fuente: Hoyos-Gómez (2019, p. 45).

En el análisis de los datos históricos de la demanda, se debe interpretar la posible existencia de estaciones, tendencias, estacionalidades y/o ciclos. El propósito de esta identificación es tener el fundamento para la aplicación de políticas de gestión de activos y *stocks* de inventario, con lo que se determinan las cantidades a pedir y las fechas en que tiene que llegar. Así, se fundamenta la gestión de la demanda como el arte de gestionar los requerimientos con base en las directrices de la alta gerencia. Entonces, el factor clave se explica en la **Tabla 27**, con lo cual los resultados de la estrategia tomada dependen tanto de la gerencia como de la rigurosidad con la que se administran los datos históricos con los que se estudia la demanda de los componentes requeridos para la gestión del mantenimiento que lleva a la adecuada disponibilidad operacional: “causa y efecto en la entropía de los resultados clave”.

En resumen, se ha planteado una metodología a desarrollar para la adecuada gestión de los pronósticos.

Descarga datos del sistema

Independientemente de su tamaño, las organizaciones enfrentan el reto de articular la tecnología con el análisis de las variables, encontrando que su requerimiento puede ser más amplio de lo estimado inicialmente. Por lo tanto, lo importante no es qué herramienta usar, sino validar que la herramienta

gestione toda la información que sea pertinente, sin despreciar el registro de información relevante para analizar otros factores que pueden ser ocultos en principio. En este caso, cuando se abordó la investigación, se encontró como fuente de información el Sistema de Planeación de Requerimientos Empresariales (ERP) de origen alemán (SAP), con el cual el Sistema de Información Logística de la institución integra toda su información. La transacción ZMB51 es la herramienta que parte de la plataforma y se utiliza para la gestión de la información preliminar requerida para pronosticar. Los datos corresponden a la información relacionada con la clase de movimientos, bajo un rango de diez años y un total de 176 713 registros, que permiten iniciar con la depuración de los datos.

Depuración y limpieza de datos

Se toma como base las diferentes variables, entre ellas: material, almacén, centro origen, centro de destino, acción del registro, fecha de registro, tipo de movimiento, cantidad, unidad de medida, número parte, número de serie, equipo código, descripción del equipo, sistema, código de sistema, descripción, valor unitario, texto posición, tipo material, texto breve de material, texto de clase movimiento, estado del elemento, lote, fecha de registro, hora, pedido, motivo movimiento usuario, grupo planificador, número identificador del equipo, referencia y puesto de descarga. Se procede a validar cada una de las variables y los registros, que sean pertinentes a los cálculos y al tratamiento según las políticas para la gestión. De requerirse, se le invita al lector a abordar los apartados “Enfoque hacia la gestión de activos” y “El camino hacia la madurez de un sistema de gestión”. Para iniciar el tratamiento y la limpieza de los datos, es necesario estandarizar la estructura para el manejo de la información. En la investigación planteada por Hoyos-Gómez (2019), se plantea incluir un número de columnas para controlar y llevar la trazabilidad de la limpieza de datos, con las siguientes variables:

- Día
- Mes
- Año
- Semestre
- Trimestre

- Número de cuenta para la rotación
- Valor total
- Control material original
- Control número de parte.

Al verificar que se descargó la cantidad total de registros de todas las salidas de material e insumos, en el ejemplo se consolidaron 94 737 registros sin discriminación, lo cual obliga a organizar la información para seleccionar los datos pertinentes al estudio. En el caso, se enfoca al material aeronáutico que fue demandado por una unidad específica de la organización. En principio, se tienen diferentes fuentes de registro de la información, unas automatizadas de tablas parametrizadas y cargadas mediante el uso de tecnologías de información como códigos de barras, sistema de gestión de órdenes, identificación radio frecuencia, sistema de gestión de almacenes, sistema de gestión laboral, sistema de gestión de patio y ejecución de la cadena de suministro, entre otras tecnologías que se articulan a través de la gestión de almacenes. Así mismo, una segunda fuente es el recurso humano; en el ejemplo del almacenista, el factor clave es la estandarización del registro y que este sea de más intuitivo. Sin embargo, en la investigación se evidencia un factor de fracaso que es la libertad del registro por parte del almacenista, derivado de que este puede ser un profesional experto o un aprendiz sin supervisión, llevando a la disminución de la fiabilidad de la información; por lo tanto, se resalta que las herramientas son importantes, y el control de su uso debe ser una política, una estrategia, un objetivo y un resultado clave en el proceso.

Después de tomar como base la fiabilidad de la información y la calidad del dato, lo primero es proyectar la identificación de los registros que se utilizaron y se asignaron a la unidad específica que se convierte en la unidad de análisis. Se recuerda que la transacción ZMB51 permite hacer el filtro de esta información para ser validada en el siguiente orden:

- La salida de material a través de los tipos de movimiento 201, 202, 261 y 262.
- Filtrar por tipo de material.
- Ordenarlo por insumo, repuesto aeronáutico, otro repuesto.
- Código del equipo donde se instaló o se instalará.

Tras validar la información, el especialista en pronóstico debe hacer la depuración de manera manual, lo cual exige un alto nivel de pericia en el personal que desarrolla la depuración de datos. Con ello, se propende a la fiabilidad de las correcciones; así la articulación de la tecnología con el proceso debe garantizar el oportuno y confiable registro de la información. En el caso de un registro manual, este debe responder a soportes que puedan ser validados por las diferentes partes interesadas, lo cual ayudará a consolidar cada vez mejor el grado de fiabilidad de la información a procesar para la proyección de los elementos a establecer, con el propósito de hacer las liberaciones planificadas de pedidos. Luego de terminar la depuración, se obtuvo que el 36,75 % de los registros requirieron corrección y que del total de registros (94 737) tan solo el 58,08 % (que asciende a 55 026) cumplieron los parámetros para ser tomados como información para el pronóstico.

Clasificación ABC

Luego de la depuración de datos, se procede a clasificar los inventarios según ciertos parámetros. Al inicio, se abordan en teoría la rotación y el costo. Por lo tanto, se empezarán a tratar los factores a tener en cuenta para no influenciar indebidamente un elemento y que sea de una categoría menor. Como ejemplo, se presenta el criterio de salida de elementos y el criterio de número de salida de elementos.

Tabla 29. Comparación de criterios para la clasificación ABC

Clasificación	Cantidad de elementos salidos		Número de veces que salió (cuenta para rotación)	
	N.º	Cantidad códigos por categoría	N.º	Cantidad códigos por categoría
A	272	272	950	950
B	653	381	1717	767
C	-	3688		2624
Total de elementos		4341		4341

Fuente: Hoyos-Gómez (2019, pp. 34 y 35).

Nota: La gran diferencia de los criterios puede implicar que un ítem con un costo menor pueda ubicarse en una clasificación mayor por su relación de costo, que se ve afectado por el número de veces que sale del almacén. Por eso, además de analizar el costo y el impacto, se debe incluir el tipo de movimiento. Al presentar novedades relacionadas con la baja de componentes, estos pueden generar una mayor distorsión de los datos.

En vista de lo anterior, se precisa tener una política de nivelación de ítems de acuerdo con la edad de la aeronave dentro de la FAC, medida desde la fecha de ingreso a la institución, para nivelar el concepto de rotación. Así entonces, la búsqueda del mejor tipo de combinación que promueva la priorización adecuada para cada una de las flotas de aeronaves es primordial cuando la institución cuenta con una cantidad superior a las cuatrocientas unidades. Hoyos-Gómez (2019, p. 36) propone “asignar la clasificación más alta obtenida por cada material en la clasificación final”, y con esto se aborda la diferencia de cantidad de datos. En el ejemplo, hay flotas con diez años de datos, otras con ocho años y otras con dos años, lo que sugiere que el tratamiento para cada flota obedecerá a una técnica de pronóstico diferente, como las señaladas en la **Tabla 28**, entre otras que surjan de acuerdo con el avance científico. Se abordó, por distintos investigadores, diferentes flotas, y se debe analizar la participación en las operaciones de mantenimiento. Se encontró que la flota ART HERMES 450 solo presentó 3,73 % del esfuerzo total de la rotación de elementos, lo cual para consolidar el pronóstico y la asignación de recursos pronosticados debe conocer su plan de mantenimiento proyectado, a fin de validar si la situación puede tener una variación inesperada o no conforme con la tendencia de las proyecciones.

Tabla 30. Ejemplo de clasificación ABC para cuatro flotas

Equipo	A	B	C	Total general	Porcentaje de participación
EMB 314 Super Tucano	117	140	967	1224	28,20 %
Embraer EMB-312 Tucano	171	239	1689	2099	48,35 %
Schweizer SGM 2-37	111	105	640	856	19,72 %
"ARP" Hermes 450	56	31	75	162	3,73 %
Total general	455	515	3371	4341	

Fuente: adaptado de Hoyos-Gómez (2019, p. 39).

Nota: La información es un extracto del gran consolidado de la flota aérea institucional, como la aeronave remotamente pilotada (ARP), con el fin de abordar el concepto de validez de los cálculos obtenidos durante las proyecciones y eliminar la gran diferencia del dato cuantitativo y las proyecciones no cuantificables, como se denota en la **Figura 18**.

Así mismo, la **Tabla 30** permite realizar la validación desde el principio de Pareto (o regla 80/20), referenciado por Gutiérrez-Pulido y De la Vara-Salazar (2013, p. 140), en el cual se fundamenta que al abordar los esfuerzos de asignación de recursos a los ítems de las categorías A y B, siendo

que se consideran específicos de uso y con alto costo o valor de inversión e impacto en la organización, se tendrá el 77,65 % del impacto operativo con el 22,35% de elementos requeridos.

En consecuencia, se afirma que “al controlar y administrar adecuadamente los recursos, se podría llegar a tener un nivel de servicio del 90 % del material aeronáutico para las cuatro flotas”, con lo que se abordan factores clave dentro del análisis de uso de elementos, y a partir de la esperanza de uso, la institución determina cuántos niveles. Sin embargo, el concepto abordado por la institución se planteó en el número de años en que se utilizaron elementos de cada flota; siendo así, cada una de las clasificaciones tiene diez niveles por tal concepto y esto responde a la necesidad y complejidad de los activos. Para una mejor conceptualización, se presenta la **Tabla 31**.

Tabla 31. Ejemplo del análisis comparativo estructura ABC vs Consumo

Clasificación	Años que rotó	Clasificación	Años que rotó	Clasificación	Años que rotó	% de utilización esperado	Utilización real
A	10	B	10	C	10	>= 90%	85,47%
A	9	B	9	C	9	< 90%	71%
A	8	B	8	C	8	< 80%	61%
A	7	B	7	C	7	< 70%	47%
A	6	B	6	C	6	< 60%	44%
A	5	B	5	C	5	< 50%	34%
A	4	B	4	C	4	< 40%	30%
A	3	B	3	C	3	< 30%	21%
A	2	B	2	C	2	< 20%	14%
A	1	B	1	C	1	< 10%	7%

Fuente: adaptado de Hoyos-Gómez (2019, p. 43).

Nota: En la tabla, se presenta el nivel al que debe asignarse cada uno de los elementos dentro del inventario, con el propósito de encontrar la prioridad a invertir; siendo diez la mayor cantidad de años en que rotó el elemento ya clasificado en A, B y C, así se vincula con el porcentaje de rotación. Ejemplo: llantas se suministraron cinco años y tienen una rotación del 95 %, entonces se ubica en la clasificación A por su especialidad y costo, y cinco por los años que rotó, quedando A5.

Cálculo pronóstico de la demanda

El primer paso para iniciar los cálculos es determinar la cantidad de las proyecciones requeridas. Entre mayor sea el número de proyecciones mayor será el grado de incertidumbre en el resultado. Para proyectar diez años, el último de los años solo tendría supuestos al tener una base de estudio de rotación de diez periodos. Por lo tanto, la cantidad de proyecciones en teoría se recomienda que sea de hasta tres periodos, aunque en la práctica del sector aeronáutico del sector defensa se debe proyectar el cuatrienio para alinearse con el plan presupuestal del programa de desarrollo del país. Así mismo, se recomienda hacer un análisis similar tomando las variables políticas, económicas, sociales, tecnológicas, ambientales y legales (PESTEL) que rigen a la institución. Sin embargo, en el plano gerencial existen herramientas partiendo de modelo de fiabilidad y confiabilidad para la gestión de la incertidumbre. En este caso, se debe recordar que cada año debe validarse el comportamiento de las variables y los datos asociados a ellas como el factor clave de la planeación del pronóstico. Jacobs y Chase (2018) dan ejemplos como la demanda constante con tendencias, pero esto no ocurre siempre y con gran dificultad se observará en el sector aeronáutico. Las flotas con gran cantidad de aeronaves y horas de vuelo constantes podrían presentar alguno de estos comportamientos.

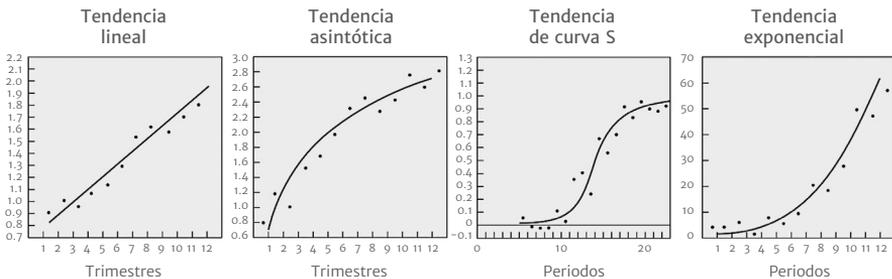


Figura 19. Tendencias de pronóstico con demanda continua

Fuente: *Jacobs y Chase (2018, p. 470)*.

Así mismo, como lo afirma Toscano-Pardo (2004), se describen otros análisis para el comportamiento de las operaciones, asociados a la demanda para el desarrollo de las operaciones de mantenimiento aeronáutico. En la **Figura 20**, se presentan ejemplos con y sin tendencia. Teniendo

el principio de estudio que proyecta la selección de una técnica específica, como las mencionadas en la **Tabla 28**, el pronosticador debe evaluar el comportamiento de los diferentes servicios y operaciones exigidas por la demanda que nace desde el plan operacional, y el análisis de imprevistos, proyectando el cronograma de mantenimiento y el plan de requerimiento de materiales que está asociado de manera específica con el PMP, que exige el análisis individual para el portafolio de los elementos requeridos para cada una de las aeronaves.

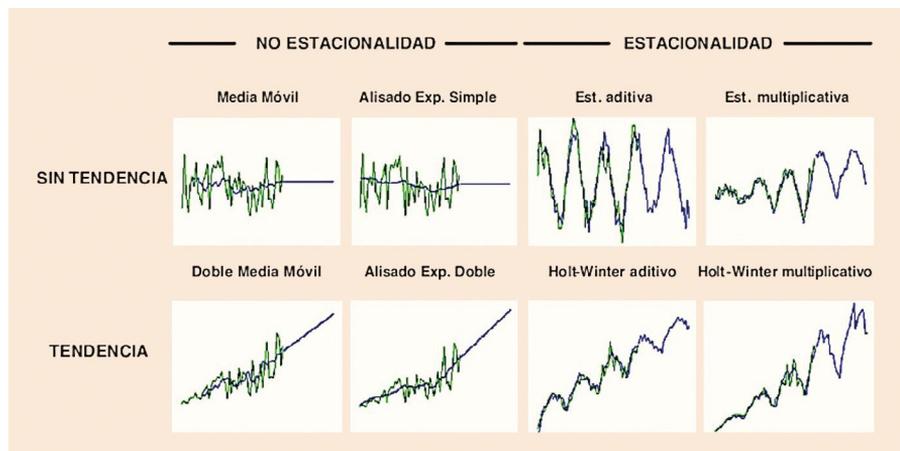


Figura 20. Estacionalidades de pronóstico con demandas dinámicas

Fuente: *Toscano-Pardo (2004, p. 110)*.

Conforme con lo anterior, la matriz de pronósticos presenta una estructura basada en los siguientes conceptos, establecidos desde el análisis de cada elemento y producto aeronáutico.

Caracterización de los inventarios

- La identificación de la ubicación del elemento (“almacén aeronáutico, equipo(s) donde se encuentra instalado”).
- Identificación del equipo en que más rota (“Factor clave para decisión presupuestal, se carga a una flota, a un equipo o costeo por cantidades de uso”, lo cual afecta la estructura de la matriz, ampliando columnas que luego proyectarían mayor cantidad de cálculos).

- Identificación de la unidad operacional en que esté asignado el equipo.
- Identificación de la unidad en donde el equipo más rota (“Factor clave para decisión presupuestal, se carga a una unidad o costeo por cantidades de uso en cada unidad”, lo cual afecta la estructura de la matriz, ampliando columnas que luego proyectarían mayor cantidad de cálculos).
- Identificación del código del material.

Estructura para el análisis de la demanda

- Identificación de la cantidad de campos para los datos de demanda específica en los periodos establecidos (se proyectan diez años de demanda, lo que en planeación anual serían los datos históricos de diez años atrás y la demanda del año en curso, factor clave es tener datos reales para la totalidad de los años “una columna por periodo”).
- Cálculo de la sumatoria real de elementos requeridos de manera estandarizada, bajo el criterio de número de años en que efectivamente se presentó salida del almacén.
- Identificación de la clasificación de inventario A, B o C.
- La cuenta de años en que rotó efectivamente el elemento.
- Establecer mediante la unión de los dos campos anteriores la clasificación final del elemento (“ejemplo: tipo inventario (A) + años rotación (5) = clasificación (A5)”).

Organización de información de la demanda

- Identificador del número de veces en que se requirió un elemento por parte de un equipo (número de cola). Este identificador proviene del análisis de las listas maestras de materiales por equipo. Acrónimo definido por el autor como (ILM).
- Identificador del número de veces en que se requirió un elemento (HT/TBO) por parte de un equipo (número de cola). Este identificador proviene del análisis de las listas maestras de materiales por equipo y el cronograma de mantenimiento. Definido el acrónimo por el autor así: (IHT/TBO).
- Identificación de la cantidad total de requerimientos del material aeronáutico. Definido el acrónimo por el autor como (RTM).

- Identificación de la cantidad total requerida como HT/TBO . Definido el acrónimo por el autor así: (RHT/TBO) .
- Requerimientos totales por elemento es igual a sumar (RLM) y (RHT/TBO) .

En consecuencia, el desarrollo de los cálculos de pronósticos no son la simple aplicación de ecuaciones aritméticas. Requiere un conocimiento profundo en toda la cadena de valor aeronáutico de la aeronave, siendo así que las políticas para la gestión del mantenimiento son vitales para el desarrollo de valor corporativo de la institución. En este orden, se debe asegurar que la gestión de gran cantidad de datos se haga por medio de alguna herramienta que facilite la tarea. Las organizaciones al día de hoy tienen una opción amplia de aplicaciones que pueden ayudar con la oportuna respuesta del proceso, como se presenta en la **Tabla 32**.

Así entonces, si la organización ya tiene la información de cada una de las flotas y de las aeronaves digitalizadas, puede ser utilizada como datos de entrada del proceso. De no tenerla, es el primer paso para desarrollar la caracterización de los inventarios. Con lo anterior, el procesamiento de la demanda está a cargo de la organización que se estime para la información. Como factor clave de la decisión, se encuentra el modelo de gestión de mantenimiento, que para el sector aeronáutico es dependiente del manual de fabricante de las aeronaves. Sin embargo, dar cumplimiento con políticas que sobrepasen las exigencias puede ayudar a reducir costos del sostenimiento, llevando al modelo presupuestal elegido para la institución. Como lo establece Mutanov (2015), cada modelo presupuestal requiere una estructura diferente de cálculos en pro de alcanzar una eficiencia financiera, por lo que establecer resultados clave como factor de éxito lleva a determinar esa estrategia de soporte operacional que consolide de manera articulada las siguientes políticas:

- Planeación y evaluación logística.
- Gestión del ciclo de vida de los activos.
- Gestión de materiales.
- Gestión del mantenimiento.

Estos conceptos se aplican en la **Figura 38**. Pretendiendo consolidar un conjunto de resultados clave esperados del proceso de pronósticos, se debe obtener la identificación de la técnica de pronóstico que represente el comportamiento de la demanda de cada elemento.

Tabla 32. Relación de plataformas utilizadas para pronosticar

Plataforma / aplicativo	Abastecimiento	Fabricación	Distribución	Comercio minorista	Comercio electrónico	Servicio de logística tercerizada	Previsión financiera	Costo	Aspecto relevante
QM for Windows	X	X	X						Para aprendizaje académico
Forecast Pro				X				Bajo	
Streamline		X	X	X	X	X		Free	
IBM Planning Analytics for Supply Chain Planning	X	X	X	X	X	X		Alta	Relacionado con la cadena de abastecimiento
Planificación empresarial integrada SAP	X	X	X			X	X	Alto	No es intuitiva, compleja su utilización
datup.ai	X	X	X	X		X		Medio	Inteligencia artificial
Kinaxis RapidResponse	X	X	X	X	X	X		Medio	Operación en la nube, experiencia en aeroespacial y defensa.
Oracle Demantra	X	X	X	X	X	X		Alto	Afinidad con el PASLO. Requiere nivel avanzado de procesos.
Blue Yonder Demand Planning “Luminate Platform”	X	X	X	X				Medio	Inteligencia artificial <i>Machine learning</i>
oasis				X					Operación en la nube, <i>retail</i> , archivos planos
Logility Solutions “SkuBrain”	X		X	X				Medio	Operación en la nube, <i>retail</i> , archivos planos
NetSuite	X	X	X			X	X	Medio	Impulsado por Oracle para empresas pequeñas
Relex Solutions				X				Medio	Conocimiento general de la operación
Anaplan				X				Medio	Conocimiento general de la operación

Fuente: elaboración propia.

Nota: Resumen de plataformas encontradas en la web, a través de la búsqueda de conceptos como «pronósticos» + «*supply chain*» + «aplicaciones». Sin duda, cada día nacen muchas, incluso con la aplicación de inteligencia artificial y *machine learning*, desde el análisis de tendencias.

Selección del modelo y técnica de pronóstico

La búsqueda de la mayor precisión del pronóstico siempre dependerá de la fiabilidad del dato y de la estructura con la cual se gestione la información; y, a su vez, está influenciada por el grado de objetividad, el dominio conceptual y la pericia del pronosticador a cargo de los análisis y la interpretación del comportamiento de la demanda. En consecuencia, abordando la fiabilidad de la información, para el desarrollo del cálculo pronóstico de la demanda, deben estar claramente parametrizadas las condiciones con las cuales se recolecta la información a procesar en la evaluación de precisión. Para esto, surgen los conceptos asociados a los márgenes de error y a determinar su mejor comportamiento desde el enfoque de los datos proyectados para la toma de decisión desde el concepto de series de tiempo, lo que permite evaluar las tendencias y estacionalidades de la demanda.

Sin embargo, en el ejemplo para el mantenimiento aeronáutico, las técnicas de pronóstico como mediana, media aritmética, media geométrica, suavización exponencial, regresión lineal en periodos (anuales), regresión lineal en tiempo (horas de vuelo), *holt-winters*, promedio móvil simple de diferentes periodos, modelo autorregresivo integrado de media móvil, etc., son pertinentes para los datos de acuerdo con su comportamiento ilustrado en la **Figura 19** y en la **Figura 20**. Sin dejar de mencionar la existencia de otros modelos que requieren mayor nivel de conocimiento por parte del pronosticador, así como el periodo en el cual se permite proyectar cada una de las técnicas, tomando como variable la cantidad de datos previos a incluir en los cálculos.

El grado de inferenciación del pronosticador y la estimación puntual sobre un parámetro y el elemento estudiado fueron abordados en la investigación de Hoyos-Gómez (2019), en la que el elemento que no rota en un periodo se establece como uno de los problemas para cuantificar los cálculos, llevando que en ese periodo de tiempo el cálculo del MAPE resulta ser indeterminado. Esto implica al menos conceptualmente la no pertinencia del indicador para evaluar la precisión del pronóstico. En consecuencia, los cálculos desarrollados para el comportamiento de la demanda recaen en solo dos indicadores previamente seleccionados para la investigación específica, estableciendo el MSE y el MAD.

Otros indicadores para evaluar la precisión del pronóstico se derivan de la relación del error con su comportamiento aplicando conceptos cuadráticos y promedios como el caso del MSE y el MAD, así como de su diferencia entre los datos reales y las cantidades proyectadas. La desviación es el concepto de estudio con sus enfoques de medición absoluta media y raíz del promedio de los cuadrados del error. Así entonces, en el ejemplo abordado se tienen dos herramientas para la validación de los datos obtenidos luego de haber calculado el pronóstico del siguiente periodo. Como factor clave de éxito, se establece no preseleccionar al azar los cálculos para evaluar la precisión del pronóstico. Por lo tanto, realizar el análisis previo en cuanto a la gestión de incertidumbre es fundamental para la validación de los instrumentos. En consecuencia, la evaluación de la precisión del pronóstico no parte de los cálculos, sino del tipo de cálculos a realizar.

En la actualidad, se evidencian más de diecisiete combinaciones aritméticas de cálculo de error, porque el siguiente paso del estudio es la demanda y su comportamiento a través del análisis de la gestión de materiales, empezando por cálculos de variables que tienen en cuenta los inventarios y la disponibilidad de materiales de acuerdo con el cronograma de mantenimiento. La reflexión final es desarrollar competencias tanto en estadística como en Big Data, *machine learning* y, principalmente, en el manejo de herramientas de análisis como R, Python, Power BI y Excel, entre otros aplicativos que tienen la capacidad para soportar la elección del modelo, consolidando la premisa: “primero dominar los modelos para abordar la herramienta de los cálculos”.

Otros ejemplos de priorización para la proyección de la demanda en el sector aeronáutico

Al abordar los elementos y su identificación principal, que por denominación es el número de parte, homologados con el concepto de SKU para otras industrias en general (como el sector electrónico), se pueden encontrar infinitas configuraciones entre diferentes tipos de productos. En este caso, cada aeronave tiene un gran número de componentes y estos pueden generar un infinito número de configuraciones a pronosticar. Por lo tanto, se deben abordar los ítems críticos y las características clave, con el fin de limitar la cantidad de los elementos para el desarrollo de pronósticos.

Rodríguez-Garzón (2022) los aborda en la consolidación de la lista maestra de materiales y la lista mínima requerida, con lo que se consideran elementos críticos de abastecimiento para una fase de mantenimiento mayor en la inspección a la aeronave Douglas AC-47 Spooky.

Así mismo, están Londoño-Gómez (16 de junio de 2022), con su análisis de abastecimiento de Schweizer SGM 2-37, y Pastrana-Collazos (2021), para el análisis de uso de las capacidades. Los pronósticos no son métodos ni herramientas estáticas, pues su comportamiento dinámico lleva a desarrollar mayor profundización del conocimiento de la operación o del proceso considerado objeto de estudio. Conocer los cálculos y tenerlos parametrizados y estandarizados en la herramienta que elija la organización se considera el factor clave para la eliminación de errores en el proceso aritmético, y le permite al pronosticador enfocarse en lo verdaderamente importante: el análisis y la posterior inferenciación de la demanda, el uso de recursos y la proyección de requerimientos para el desarrollo de servicios y procesos.

Determinación de requerimientos desde el enfoque (EOQ y CBM)

De acuerdo con el cronograma de mantenimiento, diferentes autores han logrado determinar la periodicidad y la cantidad para desarrollar los requerimientos de abastecimiento. En términos de la cantidad económica de pedido, han realizado diferentes investigaciones, entre ellas la de Hoyos-Gómez (2019, p. 62) que propone “la compra de 339 ítems críticos de los 4.341 ítems analizados”.

Lo anterior se da porque el cálculo de diferentes componentes se dificulta por los datos de rotación. Sin embargo, mediante el análisis del comportamiento de consumo establece pautas para el desarrollo de los cálculos durante la maduración del modelo de pronósticos, así se complementa con planteamientos que involucran la relación entre diferentes conceptos en torno a la cantidad económica de pedido.

Chacón-Torres (2020) y Polanco-Soler (2022) presentan la articulación de diferentes principios con parámetros de flexibilización y de confiabilidad que brinda un factor clave para la toma de la decisión del abastecimiento en torno a la eficiencia administrativa. En consecuencia, se aborda para la investigación el conjunto de variables establecidas en la **Tabla 33**, en la cual se diferencian los enfoques para obtener los resultados clave

durante el desarrollo de los procedimientos orientados a la gestión de los materiales. Por lo tanto, se debe conceptualizar que las diferentes variables se deben tratar con diferentes enfoques de análisis, partiendo de los ejes temáticos que involucran su aplicación en el contexto organizacional.

Tabla 33. Variables investigadas en la planeación de pronósticos de demanda

VARIABLES PRINCIPALES	EJES TEMÁTICOS	ENFOQUE	UNIDAD DE ANÁLISIS
Demanda	Planeación de materiales	Productividad	Inventarios
Cantidad en inventarios			
Margen de incertidumbre			
Cantidad por pedir			
Tiempos de entrega por parte del proveedor	Planeación Presupuestal	Efectividad	Compras
Punto de reorden de pedido			
Costo de hacer pedidos			
Costo de preparar pedidos			
Costo por unidad	Presupuestos		
Costo de mantener en inventario			

Fuente: elaboración propia.

Nota: Se mencionan las variables generales y las específicas corresponden a cada investigación.

Desde las variables tratadas para el eje temático de la planeación de materiales, de acuerdo con la **Tabla 33**, se enlistan indicadores como la rotación de los inventarios para análisis de uso de los elementos, con lo que se proyectan temporalidades y cantidades asociadas con la toma de decisión concerniente a cuándo y cuánto pedir, configurando el punto de reorden. El factor clave en el análisis realizado por los investigadores referenciados se encuentra en la comparación del *lead time* con el cronograma de mantenimiento, que en términos teóricos contempla el modelo EOQ, así como los patrones de agotamiento de los elementos en el almacén, lo cual es abordado con criterios de confiabilidad (**Figura 21**).

Desde el comportamiento estadístico de los datos, se plantean diferentes consideraciones para la interpretación de los datos, como abordar la cantidad de elementos ubicados en los almacenes, despreciando las cantidades que están en trámite de compra, lo cual debe ser analizado en la segunda fase, posterior a los pronósticos, y debe ser realizado por el responsable de las compras. Así mismo, la probabilidad de agotamiento del inventario en la misma estructura de inventarios establecida por la organización.

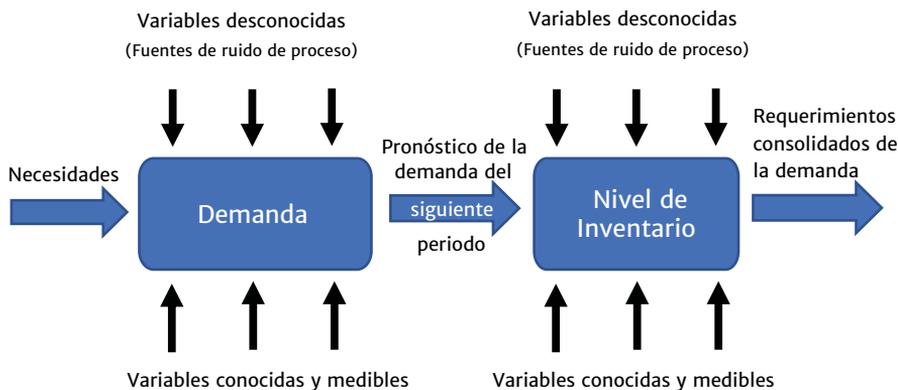


Figura 21. Consolidación de la demanda para vigencias posteriores

Fuente: Hoyos-Gómez (2019).

En el ejemplo, se ilustró la clasificación ABC, la técnica de pronóstico que abordó la política de inventarios relacionada con la demanda fija en periodos trimestrales, semestrales y anuales, dependiendo del componente; se considera crítico el material de más alta rotación y aquellos elementos que están catalogados como listas críticas o cumplen para cambio por cumplimiento del límite de vida útil del elemento (HT); así se fundamenta la relevancia en la definición de *stocks* de seguridad para el sostenimiento de la operación.

En la investigación de Hoyos-Gómez (2019, p. 63), se presenta el resultado de los cálculos derivados de la comparación de resultados para el modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad, lo cual demuestra que el cumplimiento del modelo de pronósticos, con la aplicación de políticas claramente definidas y pertinentes a la efectividad de los recursos, permite alcanzar resultados clave para la gestión de los materiales.

Determinación de nivel y políticas de inventario

La definición de las políticas se consolida siguiendo los factores clave mencionados y tantos otros que se derivan del análisis estratégico para el cumplimiento de las metas organizacionales. Sin embargo, se deben acoger las siguientes recomendaciones para su formulación:

- Aprobar el modelo de gestión de inventarios organizacionales.
- Establecer los roles y responsabilidades para la aprobación de niveles de criticidad y prioridad de los elementos, partiendo de que son criterios de decisión dependientes de la obsolescencia logística, comercial o tecnológica, del ciclo de vida de la flota, su vida remanente y su proyección de uso en la organización.
- Establecer la jerarquización de criticidad de elementos, en el ejemplo abordado en la **Tabla 31**, que llevaron a inferir elementos que son altamente requeridos para la disponibilidad de una aeronave, siendo esta de condición específica o de difícil consecución. Por lo tanto, se abordaron diez niveles con los criterios de decisión en torno a la frecuencia de rotación de elementos, impacto en el costo de la inversión y costo unitario del elemento.
- Establecer el orden de prioridad para el desarrollo de la compra de repuestos, materiales, insumos y otros elementos requeridos. Alineado con lo anterior, como ejemplo se plantea que a mayor nivel de criticidad operacional o dificultad de ser suministrado en el mercado por obsolescencia logística, mayor nivel siendo 10 el mayor y 1 el menor grado de prioridad.
- Consolidar las listas críticas de abastecimiento desde los niveles más altos A10, B10 y C10, hasta los menos prioritarios A1, B1, C1, validando la inclusión de los elementos *hard time* o vida límite de uso (HT) y de los elementos que deben ser reemplazados por el tiempo de uso entre reparaciones (TBO), hasta alcanzar el presupuesto asignado para dar cumplimiento al cálculo de la demanda teniendo en consideración los inventarios disponibles y en proceso de adquisición y de recibo.
- Determinar las cantidades óptimas, dado que no solo aplica un modelo. Esta asignación se debe basar en el menor riesgo de adquisición. Existen elementos que desde una perspectiva comercial pueden ser adquiridos en cantidades mínimas que permitan la programación de los recursos y con ello la planificación financiera. Otros deben ser adquiridos por cantidades fijas anuales para garantizar su suministro, por la especialidad del elemento o por políticas de los proveedores escasos. Esta inferenciación parte de los resultados del pronóstico, el estudio de confiabilidad, la gestión procura y el líder financiero, y como factor

clave se consolida el primer comité de abastecimiento para la efectividad y el mayor impacto operacional de la inversión.

- Como resultado de lo anterior, se debe determinar el cronograma de abastecimiento o plan de compras, estableciendo la articulación del *lead time* que articula los procesos contractuales, los almacenes, los inventarios, la recepción y la distribución de componentes. Para los elementos con disponibilidad logística, se establece por cantidades económicas de pedido, con lo que para el punto de reorden es el factor clave a validar para cada elemento. Para los demás, se aborda el modelo de abastecer en cantidades fijas en temporalidades aprobadas por la gerencia, en el ejemplo se abordaron diferencias trimestrales, semestrales y anuales.

Con los conceptos anteriores, se presenta el ejemplo de la **Figura 22**, en la cual se evidencian las diferencias de los costos y las cantidades que son el resultado de cada una de las diferentes políticas, aplicadas a un modelo de gestión de activos con estructura ABC.

Conclusiones del capítulo

Toda operación logística requiere la definición de variables concernientes a la demanda. Entendiendo esto, se esperan los requerimientos en tipo de solicitud, cantidad, tiempo en que se requiere, características clave, ponderación de criticidad y responsables asociados a cada concepto técnico. En consecuencia, se da la denominada información de entrada para desarrollar la planeación y planificación de requerimientos para la prestación de los servicios. Así entonces, se establece la metodología de gestión que cumpla las políticas institucionales en torno a las solicitudes y a la estructura organizacional y de procesos que permita articular estos requerimientos, por lo cual se alinea con la gestión por proyectos, siendo de análisis y toma de decisión clave la elección de esta para el desarrollo de las actividades inherentes a cada solicitud.

Configurar los requerimientos desde la base de los diferentes productos de máximo nivel, como los productos de nivel 1 en el sector aeronáutico (aviones, motores, turbinas, etc.), permite visibilizar y desglosar las listas maestras de elementos requeridos para desarrollar los servicios de mantenimiento. Esto lleva a una metodología existente como la planeación de

¿Que pedir?		COSTO DE LA POLÍTICA USD										¿Cuánto pedir?							¿Cuándo pedir?			
No	Material	TC (Costo anual total PESOS USD) MODELO DE CANTIDAD DE PEDIDO Fija CON INVENTARIO DE SEGURIDAD	TC1 (Costo anual total) MODELO DE PERIODOS FIJOS CON INVENTARIO DE SEGURIDAD (L 90) (T 365)	TC2 (Costo anual total) MODELO DE PERIODOS FIJOS CON INVENTARIO DE SEGURIDAD (L 90) (T 180)	TC3 (Costo anual total) MODELO DE PERIODOS FIJOS CON INVENTARIO DE SEGURIDAD (L 90) (T 90)	TC4 (Costo anual total) FORMA ACTUAL DE PEDIDO CACOM2	Q = Cantidad a pedir (la cantidad óptima se conoce como cantidad económica de pedido, EOQ o Q opt)	q1 = Cantidad a pedir (L 90) (T 365)	q2 = Cantidad a pedir (L 90) (T 180)	q3 = Cantidad a pedir (L 90) (T 90)	q1 = Cantidad a pedir (L REAL) (T 365)	q2 = Cantidad a pedir (L REAL) (T 180)	q3 = Cantidad a pedir (L REAL) (T 90)	R = (Punto de Reorden) en unidades + stock de seguridad (R = dl + zol) para (L 90)	R2 (Punto de Reorden) en unidades para (L REAL)	T1 días	T2 días	T3 días				
1	1007852 A10 PIN COTTER	328,215	334,134	330,364	328,835	336,648	332,696	330,876	333,175	2228	609	2472	1476	990	3099	2105	1620	502	1123	365	180	90
2	1148646 A10 SCREW	772,695	785,138	777,989	774,825	792,248	784,881	781,357	791,614	561	84	418	254	173	575	412	333	91	242	365	180	90
3	1264370 A10 O-RING	169,629	171,895	170,192	169,670	171,676	170,032	169,630	171,686	1648	598	1726	1033	694	1644	951	612	354	273	365	180	90
4	1002802 B10 SCREW MACHINE	2,624	2,664	2,789	2,952	2,664	2,789	2,952	2,788	27	63	41	27	19	41	27	19	12	12	365	180	90
5	1003467 B10 WASHER	1,544	1,632	1,807	2,030	1,646	1,853	2,137	1,722	115	316	152	94	65	145	86	57	35	28	365	180	90
6	1004058 B10 PIN COTTER	39,044	39,044	39,215	39,589	39,045	39,266	39,731	39,179	75	51	33	24	24	49	31	22	14	12	365	180	90
	POLITICAS	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 8	No 8	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 1	No 1	2 y 5	3 y 6	4 y 7

Figura 22. Ejemplo de matriz de prioridades para la atención de la demanda

Fuente: Hoyos-Gómez (2019, p. 66). Se consolidan los cálculos desarrollados con las políticas establecidas por la gerencia escogiendo el mejor costo anual, el cual considera el desgaste administrativo y la fiabilidad de las operaciones, llevando a la necesidad de gestionar con base en las capacidades.

requerimientos de materiales, lo cual facilita desarrollar la estructura de los cálculos de requerimientos. Estandarizar la lista maestra para cada una de las capacidades logísticas soluciona la primera variable de cantidad en términos planeación; por lo tanto, el factor clave de flexibilización de operaciones para eventos imprevistos se establece en metodologías de proyección en términos de pronósticos por series de tiempo. El factor clave para la definición de las cantidades se aborda desde el concepto de productividad, entre menor sea el costo y mayor sea el impacto operacional, debe programarse la política de abastecimiento, que redundará en la consolidación del plan de compras.

Las políticas organizacionales permiten aumentar el impacto operacional y el impacto en los indicadores económicos de cada proceso. Sin el cumplimiento de las políticas, aumentará la entropía entre los objetivos planteados y los resultados clave para el desarrollo del valor corporativo y el uso del presupuesto. Así entonces, el concepto para establecer una política se encuentra en la aplicación de la intencionalidad de la alta gerencia y no solo de mencionarla.

El comportamiento de los datos atípicos no puede ser modelado fácilmente. Cuando se observa de forma detenida el comportamiento de los datos, y al tratarlos de modelar con métodos robustos, en muchas ocasiones no es posible. Una forma de solucionar este problema es utilizar técnicas simples para caracterizarlos; es el caso de las medidas de tendencia central, en especial la mediana, dado a que contrarresta picos en los datos, ampliando la medición del error, que es lo que permite efectuar la selección del método de pronóstico.

Se encuentran diversas herramientas para seleccionar y medir el margen de error, pero una sencilla y universal es el MAD, útil sobre todo cuando hay periodos de observación cero; en tales casos, no permitiría efectuar el cálculo del error MAD y en su lugar se aplicaría por ejemplo el MAPE. Actualmente, se cuenta con gran cantidad de *software* y herramientas de automatización, pero para hacer un uso y aprovechamiento correcto de ellas, el primer paso que se recomienda es que los datos base estén depurados, revisados y debidamente organizados, lo cual disminuirá errores en los cálculos.

Capítulo 4

Gestión de las capacidades logísticas aeronáuticas

CÓMO CITAR

Rincón Cuta, Y. A., Rincón Sandoval J. G., y Hoyos Gómez, F. (2024). Gestión de las capacidades logísticas aeronáuticas. En *Metodologías aplicadas a la gestión de la logística aeronáutica*. Escuela de Postgrados de la FAC. <https://doi.org/10.18667/9786289646917>

Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 23

**METODOLOGÍAS APLICADAS A LA
GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA AERONÁUTICA.**

FORTALECIMIENTO DEL ENFOQUE DE
LIDERAZGO CON HABILIDADES DURAS
PARA UNA EFICIENTE PLANIFICACIÓN
AVANZADA DE LA CALIDAD

ISBN: 978-628-96469-0-0

E- ISBN: 978-628-96469-1-7

<https://doi.org/10.18667/9786289646917.04>

Bogotá, Colombia

Octubre, 2024

El presente capítulo es desarrollado en coautoría de Jaime Rincón Sandoval, líder del módulo de Mantenimiento en el Sistema de Información Logística de la institución y egresado de la cohorte VI del programa de la Maestría en Logística Aeronáutica de la Escuela de Posgrados de la FAC, y de Yeisson Rincón Cuta, profesional en ingeniería, Magister y estudiante de doctorado en ingeniería y docente investigador del programa de logística aeronáutica. Han desarrollado el análisis preliminar basado en el modelo de gerenciamiento para mantenimiento aeronáutico planteado por el equipo investigador del Proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MinCiencias, en el cual además de plantear el proceso para la gestión por capacidades, plantea diferentes metodologías y herramientas orientadas a la eficiencia, iniciando desde un planteamiento estratégico. Se establece que la gestión por capacidades parte de una política organizacional para convertirse en un objetivo clave y en una estrategia organizacional para alcanzarlos. Esto es, por definición, lo que debe orientar a la organización a obtener metas de valor corporativo en cada uno de los procesos de la institución.

Para el caso de la FAC, se ha establecido el Manual de Mantenimiento Aeronáutico, que en su segunda versión con año 2016 ha establecido la estructura requerida para abordar los requerimientos para el mantenimiento aeronáutico. Esta se evidencia en la **Figura 23**, a saber: cinco temas para la gestión por capacidades, cuatro temas para abordar los requerimientos del sector aeronáutico y cuatro sistemas de gestión por procesos que se encuentran articulados con la gestión de riesgos. Así, se consolida un sistema integrado robusto que, aplicado desde el sector público colombiano, se alinea con el Modelo Integrado de Planeación y Gestión para el sector defensa de Colombia, expedido por el Departamento Administrativo de la Función Pública. En consecuencia, se encontró el enfoque ideal para dar cumplimiento a los requisitos de aeronavegabilidad, y mantener alta calidad en procesos de mantenimiento y confiabilidad aeronáutica; se establece la capacidad instalada y la estructura organizacional requerida para atender la demanda.

Con lo anterior, se debe abordar el modelo para la gestión por capacidades Capacitas, del Ministerio de Defensa Nacional de Colombia, el cual determina cinco procesos que, en principio, evidencian que su planteamiento establece que tiene productos no secuenciales. Sin embargo, al revisarlo frente a la **Figura 38**, propuesto por parte del equipo investigador de la Maestría en Logística Aeronáutica, se evidencian diferentes aspectos

de mejora bajo el enfoque por procesos del Modelo Integrado de Planeación y Gestión para las Fuerzas Militares, con lo cual el análisis parte de la siguiente pregunta: ¿qué condiciones deben articularse para el planteamiento de la gestión por capacidades de mantenimiento en la FAC?

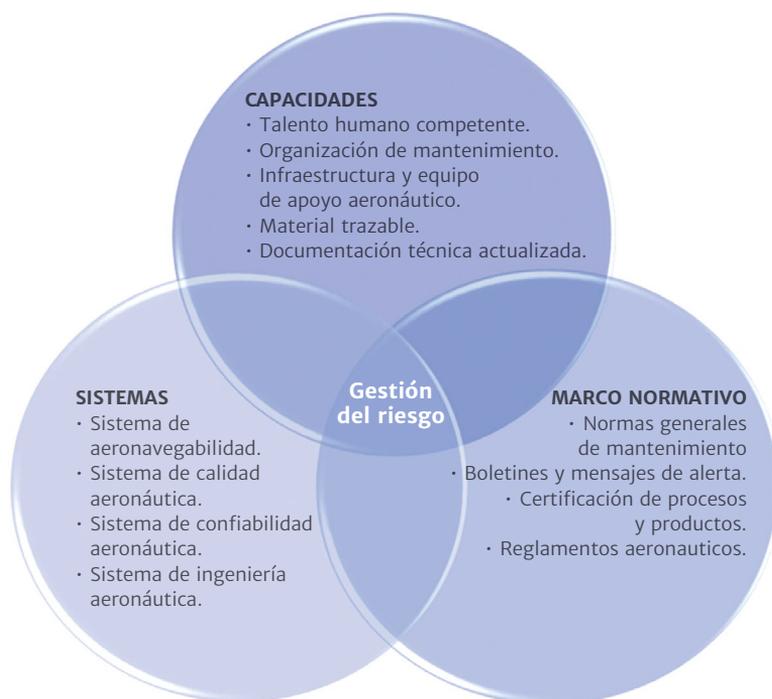


Figura 23. Ejemplo de elementos a incluir en el sistema de gestión del sector aeronáutico

Fuente: Adaptado del Manual de Mantenimiento Aeronáutico (FAC, 2016).

Análisis preliminar modelo Capacitas

En la **Tabla 34**, se muestra que el modelo Capacitas ha establecido en sus procesos la conjunción de conceptos no secuenciales, en contravía de la definición de proceso como “conjunto de actividades que tienen relación entre sí o que interactúan para transformar elementos de entrada en elementos de salida”, basada en el estándar NTC-ISO 9000 de la Organización Internacional de Estándares (Icontec, 2015, p. 16). Se resalta que la importancia del proceso está en la articulación de las salidas como insumo

de entrada para el desarrollo de otras actividades, homologando el concepto de la identificación de la demanda. Se desarrollará posteriormente un ejemplo de la herramienta SIPOC, por lo cual se requiere abordar un flujo general de procesos desde lo planteado por Capacitas y el Proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MinCiencias elaborado por la FAC. En la **Figura 24**, se presenta el diagrama de flujo de procesos propuesto para representar la idea de mejora al modelo capacitas.

Tabla 34. Análisis del modelo Capacitas

Etapa	Proceso planteado por Capacitas	Objetivo clave	Resultado clave	Observación
	5W	+		H
¿Qué?	Direccionamiento político y estratégico para la defensa y seguridad.	Determinar los insumos para la planeación estratégica.	Políticas encaminadas a la efectividad y productividad.	Importancia crítica de nivel nacional que se debe articular con el modelo de seguimiento.
¿Cómo y con qué?	Planeación por capacidades y proyección de financiación.	Establecer requerimientos DOMPI.	Establecer cantidad y disponibilidad de plan de trabajo.	El concepto de capacidad es confuso, no se relaciona como criterio de decisión.
¿Cuánto y de dónde?	Planeación estratégica y presupuestal.	Determinar insumos y herramientas para la toma de decisiones.	Estructura para toma de decisiones.	Importancia crítica de nivel organizacional que debe establecer la brújula operacional.
	Planeación presupuestal basada en capacidades.	Desarrollar el mayor impacto operacional.	Establecer los requerimientos económicos de la operación institucional.	Importancia crítica para establecer la sinergia entre lo económico y lo financiero de la organización.
Monitoreo	Seguimiento al desarrollo de capacidades.	Mantener al máximo nivel el impacto operacional.	Cumplimiento de la misión organizacional con el mayor nivel de efectividad de recursos.	Al encontrarse el proceso desarticulado en términos de productos de cada uno de los procesos, los resultados tienden a ser erróneos.

Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: Como técnica de análisis, se encuentra la estructura del 5H+W creada por Harold Laswell, que luego fue complementada en términos de recursos financieros, lo cual lo excluye del análisis que tiene un enfoque técnico aplicado a la gestión; sin embargo, se plantea la opción de uso de la herramienta en su avance por concepto de estado del arte.

Se resalta que el dominio de los conceptos es la base para el desarrollo de los diferentes planteamientos; por lo tanto, se invita a repasar los capítulos anteriores para la nivelación conceptual en factores clave, objetivos y resultados clave. Desde el estudio de las variables, se profundizará en la mitigación de la entropía durante la gestión de los procesos. Para Jia *et al.* (2016), la formulación de la herramienta 5W+1H es el apoyo que requieren los investigadores para asegurar una estructura sistemática que les permitió hacer un mapeo de pruebas de un producto de *software*. Sin embargo, la riqueza de un análisis se encuentra en la correlación de cada etapa de un método, proceso y aplicación de herramientas con los objetivos y resultados clave planteados. En consecuencia, se evidencian parámetros de mejora que pueden derivar en la definición de políticas y planes de acción.

Entonces, lo primero que se evidencia es desarrollar una propuesta de articulación de los conceptos para ajustar el planteamiento basado en la desarticulación de productos. Lo anterior se deriva de que los mismos conceptos del modelo Capacitas lo que permite la articulación de productos; esto se presenta en la **Figura 24**, partiendo del proceso de “direccionamiento político y estratégico para la defensa y seguridad”, que se configura como el insumo principal para la planeación estratégica de la organización.

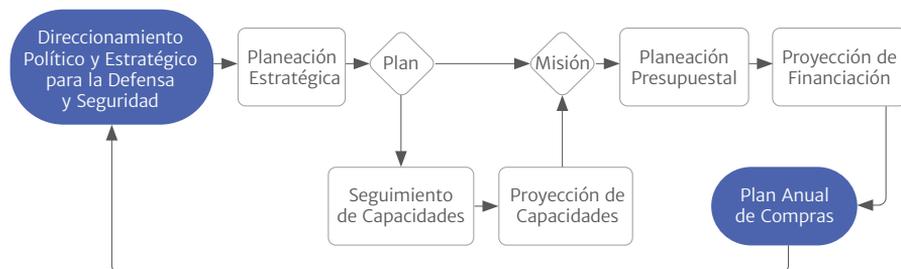


Figura 24. Diagrama de flujo de procesos propuesto en el modelo Capacitas

Fuente: *elaboración propia*.

En principio, esta planeación estratégica da las bases para coordinar las capacidades en operaciones conjuntas y coordinadas entre las instituciones. Sin embargo, en este capítulo se abordará en el marco de una institución y en el proceso de mantenimiento aeronáutico. Así entonces,

abordar la planeación por capacidades exige desarrollar actividades de evaluación que derivan en actividades estratégicas de seguimiento de uso de capacidades y su proyección. Se complementa la información para el desarrollo de los requerimientos con el propósito de asegurar la continuidad de la operación, finalizando con la aprobación del Programa Anual de Soporte Logístico de la institución. Por último, se presenta que la organización conceptual consolida fácilmente la articulación del proceso.

Capacidad

De acuerdo con lo analizado desde el planteamiento conceptual, es requerido precisar que la definición de capacidad difiere en términos de los parámetros que deben gestionarse para dar cumplimiento a una actividad o tarea de un proceso. Para abordar esto, se plantea un ejemplo basado en el mantenimiento de tanques de almacenamiento de combustible aeronáutico. La primera actividad del mantenimiento es la inspección que está regulada por el código API¹⁶ 510, creado por el Instituto Americano del Petróleo que parametriza la inspección de recipientes a presión. Por lo tanto, el cumplimiento de condiciones para tener una capacidad de inspección visual y metrológica permite validar el cumplimiento de requerimientos establecidos para certificar el producto de un procedimiento de control y aseguramiento de la calidad (QA/QC) durante una intervención (reparación, rectificación, reemplazo, limpieza, etc.). Así entonces, las condiciones deben estar ya parametrizadas en documentos aprobados, estandarizados y normatizados por entes reguladores, de control y/o de estandarización para el desarrollo de buenas prácticas.

A continuación, se abordan los criterios de decisión en torno al concepto de capacidad, que se enmarca en las tomas de decisiones presupuestales, respondiendo a los elementos para su organización presupuestal, a la identificación de cada criterio y a los parámetros que influyen en la gestión por capacidades.

16 American Petroleum Institute

Tabla 35. Definición de capacidad por eje temático

Concepto	Eje temático	Descripción
Capacidad	Transporte	Condiciones que permiten el desarrollo de operaciones de traslado de pasajeros y carga, en el cumplimiento del despliegue operacional y de actividades de soporte logístico.
	Abastecimiento	Condiciones que permiten la adquisición de elementos para el suministro a procesos solicitantes para el sostenimiento de la operación aeronáutica.
	Distribución	Condiciones que permiten la distribución de elementos a responsables de procesos solicitantes para el sostenimiento de la operación aeronáutica.
	Mantenimiento	Condiciones técnicas, tecnológicas e intelectuales que permiten la disponibilidad de los activos de la organización para el desarrollo de operaciones aéreas.
	Despliegue operacional	Condiciones técnicas, tecnológicas e intelectuales, aptitudes, y dominio de estrategia militar, que permiten el desarrollo de operaciones planeadas y coordinadas, en cumplimiento de la misionalidad establecida en el Manual de Doctrina Básica Aérea, Espacial y Ciberespacial de la FAC (2020).
	Infraestructura aeródromo	Tener condiciones relacionadas con aeródromos que permitan el desarrollo de operaciones aéreas, en cumplimiento de la misionalidad establecida dentro del Manual de Doctrina Básica Aérea, Espacial y Ciberespacial de la FAC (2020).
Infraestructura almacenes	Condiciones que permiten asegurar el resguardo y la manipulación de materiales, herramientas, insumos y equipos, entre otros elementos, en el cumplimiento de lo establecido para mantener la seguridad, y eliminar riesgos y mermas de los recursos allí resguardados.	

Fuente: *elaboración propia*.

Nota: Cada una de las descripciones fue adaptada por el autor en torno al eje estratégico y adoptada de los procesos establecidos en los manuales doctrinales de la organización. Las condiciones señaladas se derivan del análisis de los criterios de decisión que llevarán al planteamiento de la estructura del presupuesto.

Criterios de decisión para gestionar basado en capacidades

La primera decisión presupuestal que se debe tomar es la pertinencia de una capacidad en el impacto operacional. Así entonces, una decisión resultante es la definición del tipo de capacidad, si esta se desarrollará en el interior o exterior de la organización. Desde el punto de vista de la planeación, esta se configura como el PMP (capacidades internas) o como el plan de soporte logístico con capacidades externas a través de contratación de servicios técnicos y tecnológicos; así como la compra de repuestos. Esta primera decisión debe estar soportada en los siguientes criterios:

- El monto requerido de inversión para nuevas capacidades (relación de costo capacidad instalada, capacidad disponible y nueva capacidad).

- Impacto potencial y marginal de las capacidades (relación de costo interno y externo).
- Flujo de valor interno extendido (vsm interno versus EVSM).
- Valor corporativo (*core business* – dependencia de operaciones no prioritarias).
- Alianzas estratégicas dinamizadoras para los resultados (contratación).

Documentación técnica como fuente para determinar criterios

La importancia de la documentación se encuentra en su actualización para así poder mantener una capacidad certificada. Para mayor comprensión, en la **Tabla 47** se resumen los conceptos del estado de capacidades, por lo cual se debe mantener constante vigilancia de la documentación. En la práctica, se realiza a través de la suscripción a entidades aeronáuticas que consolidan las actualizaciones documentales y realizan seguimiento a corto plazo (periódico semanal, mensual, trimestral, semestral, anual) por cada una de las flotas e informan a los suscriptores. Así mismo, dependerá del tipo de rol que tenga la institución; en el ejemplo la institución es mantenedora, por lo cual requerirá únicamente el manual de fabricante del mantenedor.

En consecuencia, la estructura organizacional que soporta el desarrollo de la planeación, los procesos y el seguimiento para la mejora continua requiere esta validación constante para gestionar las capacidades; en complemento, la documentación se presenta en diferentes formatos como parte de la información técnica. Los documentos pueden ser mensajes de alerta emitidos por parte de cualquier fuente aeronáutica reconocida para una flota específica. A su vez, a partir de fuentes de control se originan los boletines de servicios o boletines técnicos, las directivas de aeronavegabilidad y los manuales. La información base requerida para ello es la siguiente:

- Datos de publicación
- Suscripción adquirida (fecha de adquisición, nombre de la adquisición, costo, tipo de moneda, TRM, valor en moneda local)
- Tipo de manual (mantenimiento / operación)
- Versión

Organización de la información para la gestión del mantenimiento aeronáutico

Desde la perspectiva de gestión, se tiene el concepto de proceso (ya revisado en el apartado “Análisis preliminar modelo Capacitas”) y el concepto de procedimiento que, de acuerdo con la NTC-ISO 9000 (Icontec, 2015, p. 17), se presenta como “forma especificada de llevar a cabo una actividad o un proceso”. Así entonces, aparece el término de hoja de ruta para el sector aeronáutico, aunque esto puede ser ajustado dependiendo de lo establecido por cada institución. Sin embargo, la esencia del concepto es el procedimiento para desarrollar el mantenimiento. Esto ya fue abordado cuando se diferenció el tiempo de espera con el *lead time*; durante el análisis de la demanda, cada capacidad debe tener un procedimiento, establecido por el fabricante, normatizado por la autoridad aeronáutica y controlado por los entes certificadores; para la articulación de estas, se presentan como ejemplos los campos requeridos para el control de la capacidad.

En términos del modelo Capacitas, se presenta como antecedente el enfoque que contempla la adquisición y el sostenimiento de todos los componentes DOMPI (Ministerio de Defensa, 2018). En consecuencia, para la adopción y el desarrollo de capacidades, los procedimientos se normatizan en el interior de la institución, siendo los datos requeridos para la identificación de la hoja de ruta: el tipo, el grupo, el contador, la estrategia, el identificador de la lista de materiales y el listado de personal requerido. Para estos últimos dos conceptos, se tratan los criterios enlistados en la **Tabla 36**.

Tabla 36. Criterios clave para el análisis de las listas de material y personal requerido para una capacidad, (D) del DOMPI

Lista de materiales	Personal requerido
Código SAP	Perfil personal (especialidad)
Nombre del material	Tipo de vinculación
Número de partes aceptados	Cantidad horas hombre
Cantidad	Taller
Unidad de medida	Costo unitario hora hombre
Costo unitario	Costo total hora hombre taller
Costo total	

Fuente: elaboración propia.

Nota: Análisis desarrollado con base en las tablas del Sistema de Información Logística SAP, con todo el equipo investigador del Proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MinCiencias; así mismo, con base en la doctrina en los mensajes técnicos de la institución.

En articulación con el DOMPI, se presenta la definición de la estructura organizacional, siendo muy propio de la organización que desarrolle la capacidad. En el ejemplo, se presentan las Fuerzas Militares de Colombia, estableciendo los campos asociados con los nombres castrenses. A partir del nombre de la fuerza específica, se aborda la unidad en la que se desarrolla la capacidad, y en el ejemplo de la FAC los estados de esta variable serán las diferentes unidades a nivel nacional. En ellas, se encuentran grupos de trabajo (técnicos), escuadrones, escuadrillas, elementos, taller y la identificación de la certificación; lo anterior en orden descendente de acuerdo con el nivel jerárquico. Aquí, la estructura organizacional puede llevar a la arquitectura presupuestal. Sin embargo, cuando se aborda más adelante, en el apartado “Enfoque hacia la gestión de activos”, se plantea una metodología para considerar la construcción del modelo presupuestal, de manera independiente de la estructura organizacional y atada a la gestión por procesos, llevando a la aplicación del modelo de gestión por familia de capacidades.

Materiales y equipos para el desarrollo de la capacidad

Siguiendo con los lineamientos del enfoque DOMPI, en las capacidades se revisaron los campos de la lista de materiales (M) y el personal requerido (P), los cuales deben complementarse con la información de herramientas que también se encuentran en la (M) del DOMPI. Lo importante se encuentra en la codificación, la identificación, el costeo y la estadística de servicios externos para evaluar y proyectar futuras capacidades, consolidándose como factor clave.

Tabla 37. Criterios fundamentales para la (M) del DOMPI

Criterio	Información base
Categoría	<ul style="list-style-type: none"> Bancos, equipo especial, herramientas de mano, motorizados, herramientas medición, <i>software</i>.
Código	<ul style="list-style-type: none"> Definido por sistema de inventario.
Software	<ul style="list-style-type: none"> Requerido u opcional, proveedor, versión, descripción, fuentes, responsable. Licenciamiento con fecha de vencimiento, tipo de licenciamiento. <ul style="list-style-type: none"> Costo con moneda, TRM, valor pagado, fecha de adquisición. Tipo (licencia, mantenimiento, periodicidad).

Continúa

Criterio	Información base
Nombre	· Definido por número de parte.
Costos de adquisición	· Moneda, TRM, valor pagado, fecha de adquisición.
Número de inventario	· Definido por sistema de inventario.
Dimensiones	· Largo, ancho, alto, peso, unidad de medida y valor.
Denominación adicional	· Opcional.
Tipo de alimentación	· Eléctrico, neumático, combustión.
Capacidad (restricción)	· Unidad de medida, valor mínimo, valor máximo, marca, foto estado, plan mantenimiento, cantidad. · Requiere calibración de tipo: externo o interno.
Capacidad externa	· Código, nombre del material, número de partes aceptados, cantidad, unidad de medida, costo unitario, costo total.

Fuente: equipo investigador del Proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MinCiencias.

De acuerdo con lo anterior, como criterio clave para la articulación de la información de las capacidades se presentan dos campos: el número de parte y el código asignado por la plataforma que se utilice, mencionados en la **Tabla 36** y haciendo llave con el código de la **Tabla 37**, con lo cual se complementa la información de materiales para cada capacidad.

Personal para la gestión de capacidades

La asignación del personal se alinea con el perfil profesional. Para esto, se debe articular la exigencia de la capacidad con el personal vinculado con la institución, la cual puede ser por contratación directa ya sea de planta o por servicios. Esto llevaría a determinar un cálculo estadístico para tomar la decisión de vincular o no a un perfil profesional específico. La información tiene un campo llave para integrar bases de datos que es el campo de perfil personal (especialidad), derivado que de no cumplir con el perfil exigido por la capacidad no podría ser asignado; en la **Tabla 36** y en la **Tabla 38** se presenta la especialidad. Sin embargo, los enfoques del registro son diferentes, el primero relaciona a los recursos desde la estructura de doctrina de la organización y el segundo se plantea desde la información que suministra la gerencia de talento humano para proyectar las necesidades requeridas para desarrollar competencias en el personal.

Tabla 38. Criterios fundamentales para la (P) del DOMPI

Personal	
Número de personal (SAP)	Identificador asignado en la plataforma
Número identificación personal	Identificador asignado en la plataforma
Perfil personal (especialidad)	Nombre de la especialidad
Desarrollo de competencias (analizando costo y frecuencia)	Capacitación
	Cursos
	Entrenamiento
	Certificaciones, descripción, fecha de vencimiento
Planta de personal	Categoría (oficial, suboficial, soldado, civil)
	Grado analizando el costo nómina en periodicidad (costo mensual, costo hora hombre)
	EPP (referencia, nombre, función, especificación técnica, tiempo estimado de uso, cantidad, costo unitario)
Exámenes ocupacionales	Costo

Fuente: equipo investigador del Proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MinCiencias.

Infraestructura aeronáutica para el desarrollo de las capacidades

Al establecer que la organización ya cuenta con instalaciones aeronáuticas, se abordan conceptos de mantenibilidad de la infraestructura, llevando a que la información clave para tomar decisiones concernientes al uso y la proyección de capacidades se evalúe desde los planes de mantenimiento; desde los criterios de costo de mantenimiento, de redes eléctricas, de redes neumáticas, de iluminación, de ventilación; así como desde los costos de construcción y de adquisición de nuevas instalaciones o su modernización.

Como se ha explicado en el desarrollo de los criterios de decisión para la gestión por capacidades, se han consolidado más de cien criterios que llevan a mantener una integridad de los datos para el análisis de la gestión por capacidades, por lo cual se requiere un modelo robusto para la articulación de esta información y configuración de las herramientas. Sin embargo, al no tener clara la información a tratar y cómo garantizar la no repetición de datos, suele haber problemas como la exigencia de mayor capacidad de procesamiento a la infraestructura tecnológica, sin tener los resultados esperados para analizar y tomar decisiones acertadas; con lo que se plantea

que la gestión por capacidades debe disponer de un equipo interdisciplinario para el procesamiento de Big Data para desarrollar la gestión de los activos aeronáuticos.

Enfoque hacia la gestión de activos

Como parte de la atención a la demanda de servicios para la gestión de activos, en esta sección se debe abordar dos elementos principales “el costo y la tecnología” para esto se tomará las investigaciones como lo aborda Santos (2019). En complemento a la propuesta para el desarrollo del enfoque para la gestión de activos basado en el ciclo de vida que planteo Álvarez-Jurado (2020) desde el estándar NTC-ISO 55000:2014, teniendo como base principal el continuo desarrollo de las estrategias de mantenimiento.

Tabla 39. Variables investigadas en la gestión de activos

Variables principales	Ejes temáticos	Enfoque	Unidad de análisis
Costo de mantenimiento	Mantenimiento	Productividad	UH-60L
Cantidad proyectada de presupuesto			Costos
Estrategia de monitoreo <i>on condition</i>			HUMS
Estructura del modelo de gestión de activos aeronáuticos			Modelo de datos para inferir sobre la gestión

Fuente: *elaboración propia.*

La evolución de la gestión de activos, dependiente de las directivas de la institución y su estrategia corporativa de mantenimiento, se ha soportado en las herramientas tecnológicas para promover la organización de alto desempeño a través de la planeación técnica y de ingeniería de mantenimiento a largo plazo para la FAC. Así mismo, en el proyecto de investigación de Gómez-Hernández (2022) se estableció que en la planeación basada en el producto aeronáutico (por ejemplo, una aeronave) los mantenimientos pueden desarrollarse cada cuatro años en promedio, y su variación depende de las horas de vuelo ejecutadas por el operador. Así mismo, se proyecta la tecnología basada en la estructura de la planeación de las capacidades del mantenimiento aeronáutico, partiendo de la definición de los conceptos afines a las capacidades.

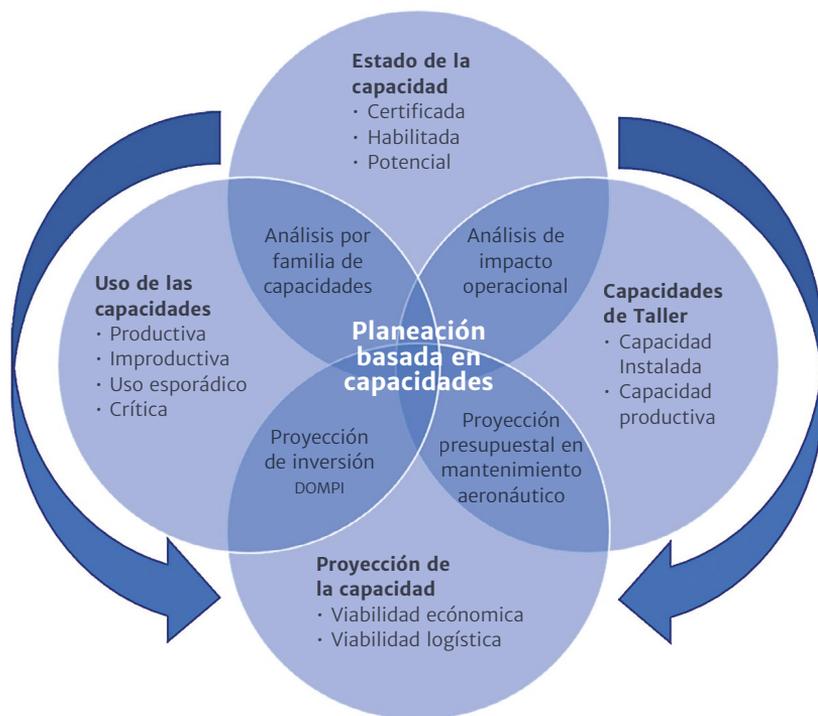


Figura 25. Componentes para la planeación del mantenimiento basado en capacidades

Fuente: Gómez-Hernández (2022).

Herramienta de análisis “matriz familia de capacidades”

En la **Figura 25**, aparecen elementos que no son fácilmente reconocidos por los expertos en mantenimiento, derivado que las ciencias económicas son complementarias a su formación técnica. Por ello, una herramienta para la identificación de familia de capacidades a través de un análisis de similitud de variables como tipo de taller, maquinaria, herramientas, infraestructura, clases, etapas, procesos, tiempos y personal, entre otros conceptos que son de dominio casuístico por parte del personal técnico, le permitirá complementar a cualquier organización el personal y establecer conjuntos y subconjuntos que le obligaran a la organización a definir centros de costos cada vez más detallados, llevando a que el modelo sea más acorde a la realidad.

Un claro ejemplo se presenta en la **Figura 26**, como extracto de la matriz de familia de capacidades en la que se consolidan los análisis de cada uno de los procesos establecidos desde el manual de mantenimiento del fabricante y en la normatividad vigente, con el propósito de evaluar el conjunto de capacidades. Teóricamente, desde un razonamiento analógico, se sustenta la correlación de las condiciones de calidad para el desarrollo de las capacidades técnicas para cada uno de los componentes, lo cual lleva a unificar por tipo de taller el conjunto de capacidades específicas y el número de componentes o elementos que se pueden atender por cada capacidad.

Es importante evidenciar que existen números de parte homólogos, lo cual permite llegar a unificar esfuerzos y a evaluar su disponibilidad en términos muy específicos como el número de horas hombre, número de horas taller, y el número de horas máquinas y herramientas; en resumen, todos los elementos que se consideran dinámicos. Se encuentra la oportunidad de aumentar la eficiencia de los recursos y la disminución de la inversión a los límites que permita el certificado de diseño o certificado tipo de cada aeronave para asegurar su aeronavegabilidad continuada. Aunque se relaciona de manera sencilla, esto requiere un proceso de validación riguroso por su alto detalle técnico para la unificación de las familias, y estandarizar el lenguaje con ayuda de los reglamentos aeronáuticos orientados al mantenimiento aeronáutico y a las organizaciones de mantenimiento aprobadas (OMA). La identificación idónea de la familia de capacidades permitirá al tomador de decisiones obtener respuesta a la pregunta básica de mantener o desarrollar una capacidad tan costosa, ¿será preferible tercerizar?

En la **Figura 26**, de acuerdo con el RACAE¹⁷ 145, se establece la estructura para la clasificación de las capacidades de una organización de mantenimiento aeronáutico. Así mismo, se presenta como ejemplo parte de la matriz completa que ha sido realizada, con lo cual el taller de materiales tiene dos módulos, el taller de equipos de cabina tiene tres módulos y el taller de radiadores tiene cinco módulos. Cada módulo resume una agrupación de las capacidades con parámetros similares.

Argumentar una inversión para crear una capacidad puede ser tan complejo como argumentar la oferta para atender su demanda, aumentando su

17 Reglamento Aeronáutico Colombiano de Aviación Estado.

Taller	Capacidad	Elemento	Parte Número	Inspección de recibo	Revisión de documentación	Limpieza inicial	Desensamble	Remoción de pintura	Inspección por daños ocultos	Reemplazo de componentes	Reparación	Ultrasonido	Ndi	Electroquímica	Aplicación de pintura	Ensamble	Fabricación	Pruebas funcionales	Documentación de entrega	FAMILIA DE CAPACIDAD	CATEGORÍA DE CAPACIDAD	MODULO	MODULO CAPACIDAD
TMAT	COMPOSITE MAIN ROTOR BLADE REPAIR	COMPOSITE MAIN ROTOR BLADE	412-015-300-101 / 105/109 /113 / 115 / 119	X	X	X	X	X	X	X	X								X	Clase I	Radio (Avionica)	PRU	CMRBI
TMAT			212-010-750-009	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Clase I		PRU	TRB2
TMAT			212-010-750-105	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Clase I		PRU	TRB2
TMAT			212-010-750-107	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Clase I		PRU	TRB2
TMAT	TAIL ROTOR BLADE REPAIR	TAIL ROTOR BLADE	212-010-750-011	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Clase I	Estructuras	PRU	TRB2
TMAT			212-010-750-113	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Clase I		PRU	TRB2
TMAT			212-010-750-115	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Clase I		PRU	TRB2
TMAT			212-010-750-139	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Clase I		PRU	TRB2
TELA	PRUEBAS FUNCIONALES	KTR 953	064-1015	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Radar		PRU	AM
TELA		KCU951	064-1016	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Comunicación		PRU	AM1
TELA		KAC 952	064-1017	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Comunicación		PRU	AM
TRAD			646880	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC1
TRAD			206-360-500-101	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD			L86000356	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD			209-062-501-001	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD			209-062-501-005	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD			8538100	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD	INSPECCION Y MANTENIMIENTO	OIL COOLER	8537653	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos	Accesorios	IMR	OC
TRAD			209-060-522-01	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD			209-060-522-02	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD			209-060-522-03	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD			D1834-10A	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD			D1834-10AS	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC
TRAD			8534998	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	Mecánicos		IMR	OC

Figura 26. Matriz de familia de capacidades

Fuente: elaboración propia con expertos de planeación de mantenimiento aeronáutico.

complejidad para organizaciones pequeñas, desordenadas o ineficientes. Sin embargo, cuando una organización posee capacidades instaladas en su portafolio para atender una gran cantidad de elementos, lo más eficiente es determinar la diferencia del costo que existe entre mantener las capacidades y crear la nueva, por lo cual no sería el costo total de la capacidad, sino tan solo el costo marginal. Los costos podrían ser absorbidos por el sostenimiento de otras capacidades, lo que se considera como la variable oculta de factor de éxito para una propuesta de desarrollo o sostenimiento de capacidades.

Como parte de los resultados de la aplicación de esta herramienta, está determinar la factibilidad de habilitar una capacidad para luego gestionar su certificación y con ello poder incluirla en el portafolio para la servucción del mantenimiento, llegando al aumento de productividad de una proyección de capacidades. Los pasos a tener en cuenta para lograr los resultados son los siguientes:

- Asignar personal competente en gestión de proyectos, con dominio en cualquier metodología mencionada. Se presentan ejemplos en la **Tabla 19** para enfocar la gestión orientada a los resultados.
- Consolidar toda la capacidad instalada como si fuese un solo proceso ordenado, empezando por el recibo, la inspección, las actividades específicas de mantenimiento, la validación de calidad y el despacho, lo cual se consolida como nombre en las columnas.
- Evidenciar las similitudes de los requerimientos a través de la marcación de las actividades específicas de mantenimiento que deben suplirse en talleres, maquinaria, herramientas, infraestructura, procesos, tiempos y personal, con respecto a la hoja de ruta o servicio de mantenimiento específico; una graficación como ejemplo es la **Figura 27**.
- Analizar la capacidad instalada versus el portafolio de capacidades actual y proyectado, a través de la definición de cantidades de servicios demandados, teniendo en cuenta tiempos y costos ponderados promediados en el desarrollo de las operaciones de mantenimiento.
- Agrupar por similitud de actividades específicas de mantenimiento las capacidades del portafolio actual y proyectado, con respecto a los servicios a prestar. A esto se le da el nombre de familia de capacidad.
- Determinar cada familia de capacidades, cuántos servicios puede prestar.

- Determinar el diagrama de flujo de valor, o Value Stream Mapping, para visualizar el alcance de la totalidad de las familias de capacidades.

Así entonces, se muestra cómo con ayuda de la tecnología esta herramienta ha evolucionado conceptualmente. Para Zhao *et al.* (2022), se condiciona la reducción de costos desde la etapa del diseño, por cual el desarrollo de capacidades debe abordar una metodología específica de diseño de procesos y lo asociamos directamente con la prestación del servicio de mantenimiento. La arquitectura de diseño y el servicio son objetivos que definen la modularidad de la familia de componentes como se establece en la **Figura 26**, en la que se identifican los procesos similares para atender a una agrupación de productos y componentes aeronáuticos.

Lo anterior es lo que hace tan importante la metodología señalada para la consolidación de la matriz de familia de capacidades, teniendo en cuenta no solo el diseño de cada componente, sino también la función del servicio de mantenimiento. En consecuencia, afirman que tanto la arquitectura del diseño como la información de fabricación que se encuentra en los manuales de cada una de las flotas de aeronaves llevan a esta gran variedad de componentes y productos, permitiendo capturar la información a incluir en la matriz de familia de capacidades, para así entonces desarrollar el agrupamiento jerárquico.

De acuerdo con Chang *et al.* (2013), el agrupamiento jerárquico es un método de análisis de datos de expresión similar. Así como se relaciona en un diagrama de árbol por aspectos dependientes, se presentan por características similares, inicialmente comprobado con la estructura de genes y luego extrapolado a otros campos en donde se encuentre la misma cantidad de variables de estudio. Los expertos se orientan a realizar la matriz de familia de capacidades, en la cual ya se tiene la relación inicial partiendo de la definición principal de capacidad. En este caso, para realizar una planeación presupuestal se establece la siguiente frase de autoría propia: “la cantidad de capacidades usadas es homologable con la cantidad de demanda de mantenimiento, reparación y/o rectificación de un componente o producto aeronáutico, consolidando así los requerimientos para el portafolio a ser atendido, a través de las actividades de soporte desde el concepto de disponibilidad”.

Dado lo anterior, el desarrollo de una nueva cultura soportada en la evolución tecnológica encaminada a este concepto permite que flotas

como las aeronaves remotamente tripuladas o piloteadas puedan gestarse con este enfoque, a fin de promover el desarrollo de diferentes actores con base en capacidades distintivas en articulación con la familia de capacidades, soportando una inversión para muchas capacidades específicas. Como ejemplo, se presenta la **Figura 27**, en la que el desarrollo de análisis de estructuración se ha basado en la conectividad entre zonas de influencia. Así mismo, se puede establecer la correlación de afinidad entre los procesos de mantenimiento y hacerlos visibles a todos los actores intervinientes.

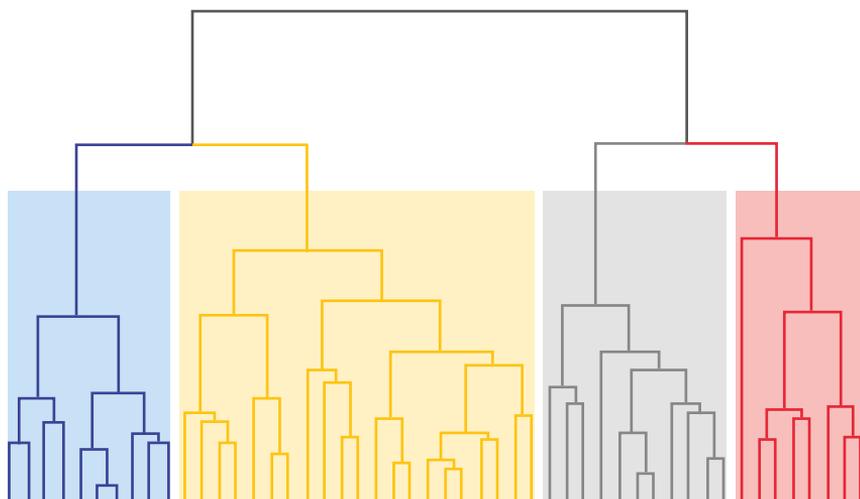


Figura 27. Dendrograma de ejemplo

Fuente: tomado de Isaac (2021).

Debido a lo anterior, se configura una metodología para desarrollo de capacidades en la que se evalúa la oferta con la demanda actual, proyectando el servicio hacia las aeronaves y lo establecido por las autoridades de control. Con ello, se realiza el análisis de correlación por familias de capacidades y esto, en términos gráficos, se expone en el dendrograma, en donde las líneas reflejan las similitudes y por lo tanto evidencian la configuración de un módulo o de muchos de estos, definiendo las acotaciones por la distancia de las conexiones. Así es como entre más corta sea la conexión se presentan mayores parámetros similares a las otras con líneas más extensas.

En este sentido, se hace práctico establecer los módulos que contienen las agrupaciones para así determinar las estrategias de gerenciamiento en temas como mantenimiento, inversión, estructura presupuestal y proyección de recursos administrativos, siguiendo los modelos ya existentes que desarrolla numéricamente Mutanov (2015). Por ello, la pertinencia de crear otro módulo del mismo nivel o de otro nivel determina las diferencias entre ellos, llevando a una estructura pertinente para los resultados de la organización.

En principio para la casuística se consideraría como ejemplo la **Figura 28**, con variables como los tipos de talleres de mantenimiento, los grupos técnicos, las escuadrillas o la unidad aérea (en un concepto macro), que bien podría homologarse con comando militar para el sector defensa y con MRO¹⁸ para el sector privado. Así es como la base para el algoritmo planteado por Matsukawa *et al.* (2022) es la combinación con menor costeo, el cual se realiza a través de una herramienta tecnológica como el procesador en lenguaje R o en aplicativos como Python, Gams, Matlab, etc.

Para sintetizar, cada uno de los elementos a reparar debe tener su capacidad respectiva, así sea más o menos sencilla, a fin de dar mayor nivel de confiabilidad a la estructura establecida a través del análisis planteado. Desde la lista de capacidades de la organización y tomando como referencia cada una de las variables y similitudes en la matriz de familia de capacidades, se determina el grado de similitud utilizando herramientas gráficas o estadísticas para así llegar a definir los módulos y sus niveles. Con esta estructura, se proyectarán costos, recursos, necesidades y capacidades a ofertar, de tal manera que la unificación del conjunto de capacidades por plataforma lleve finalmente a la demanda y a la oferta de la capacidad instalada. Así es como la aplicación del diseño tradicional de plataformas de productos o servicios para familias de capacidades permite el desarrollo de productos y servicios a ser gestionados a través de la modularidad basada en la plataforma seleccionada por la organización.

18 Maintenance, Repair and Overhaul

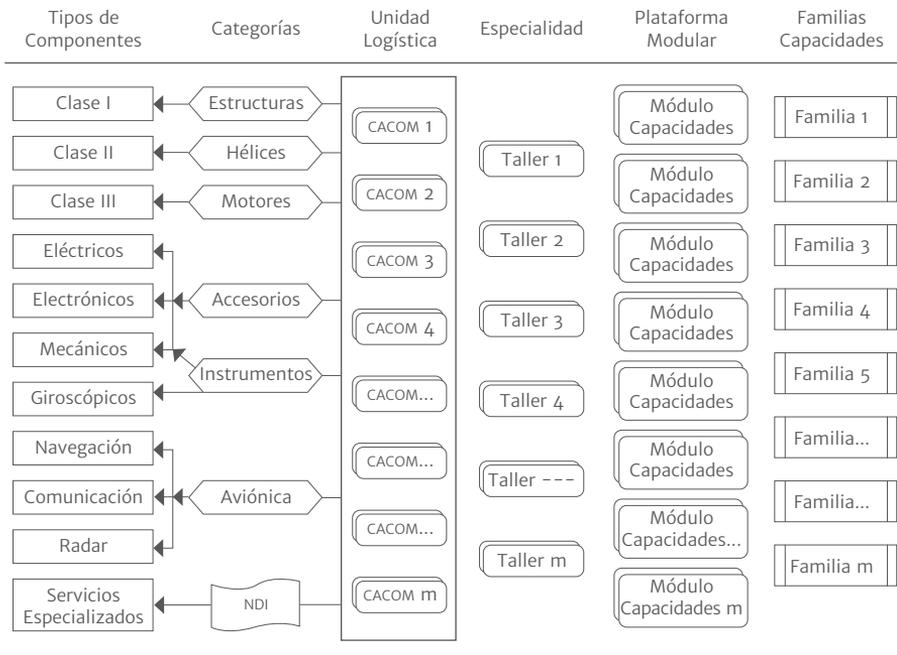


Figura 28. Estructura del problema de configuración plataforma de producto

Fuente: adaptado de Matsukawa et al. (2022), donde desarrollan un algoritmo para optimizar el resultado del costeo.

Enfoque operacional versus enfoque de negocio

Desde que se inició con la aplicación de ventaja competitiva (Porter, 2010), deben gestionarse las fuerzas de las partes intervinientes en el ciclo de negocio. Explotar las fortalezas y eliminar las amenazas le permite a cualquier organización aprovechar oportunidades, y confrontar las debilidades permite desarrollar acciones de mejora a corto y a mediano plazo. Lo anterior se complementa con el cambio de enfoque de pensamiento, siendo el cambio más profundo “el enfoque para la gestión del activo orientado a la eficiencia y rentabilidad”.

De acuerdo con la investigación de Álvarez-Jurado (2020), la transformación de pensamiento debe permitir validar a través de los criterios de decisión operacional mantener en operación un activo, o tener la flexibilidad de tercerizar las operaciones que no son críticas para la operación o misión organizacional, lo cual llevará a una estrategia de gestión de

presupuesto mucho más eficiente en términos de costo, resaltando como factor clave del éxito organizacional el valor corporativo orientado al ciclo de negocio. El lector debe plantearse el enfoque: “mantener funcionando el activo versus enfoque funcional de los activos”

Es claro que durante la gestión de activos el propósito es ser productivos con el mínimo riesgo. Esto se alinea con lo abordado en el Capítulo 5 en el apartado “El camino hacia la madurez de un sistema de gestión”, en el que se relaciona la norma que lleva al cumplimiento de estos elementos a través de la estructura planteada en la **Figura 29**, enfocados a la función que desempeña cada uno de los activos. Se establece que como esta función aporta valor a los intereses corporativos, este pensamiento es el articulador de los nuevos procesos de mejoramiento continuo del ciclo de negocio, por lo que la referencia es la metodología BPMN¹⁹ (Freund *et al.*, 2014).

El enfoque por procesos es parte fundamental para generar excelentes resultados, partiendo de elementos como la toma de decisiones (excluyentes, incluyentes, en paralelo), y la asignación de roles y responsabilidades a través de la matriz RACI²⁰ y la RAM²¹, que requiere el análisis del proceso. Aunque esta actividad parte de la gestión de proyectos y de las teorías administrativas de gerencia del talento humano, las cuales abordan la complejidad de la asignación de responsabilidades y el tipo de roles organizacionales, en términos de establecer una comunicación. Esto es debido a los cuatro roles principales de acuerdo con la metodología, a saber:

- Responsable (R): Es la persona que está a cargo del desarrollo de la actividad, el uso de los recursos y el logro de los resultados específicos a ser entregados a las partes interesadas como (A) e (I).
- Autorizador (A): Es la persona asignada para tomar decisiones, quien determina si se procede o no con una actividad específica en términos de proceso, criticidad, inversión, cambio obligatorio, y ajustes de proceso, de cambios de estrategias o de recursos.

19 Business Process Management and Note

20 Responsible, Accountable, consulted, Informed

21 Risk Assessment Matrix

- Consultado (C): Es el experto o quien tiene el dominio de la casuística requerida para el desarrollo de actividades específicas en términos administrativos, técnicos y financieros, entre otras.
- Informado (I): Es toda parte interesada en los resultados del proceso y en las necesidades para apoyar, complementar, coordinar, continuar o mejorar el proceso.

Lo anterior se hace necesario al tener un marco normativo en constante evolución, ajuste o modernización. Como ejemplo, se aborda la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado (AAAE, 2020), con el RACAE 43, que trata acerca del mantenimiento aeronáutico. En este, se revisa la asignación de las responsabilidades en torno al cumplimiento de la aeronavegabilidad continuada de las aeronaves, la cual debe mantener su certificación vigente para poder realizar operaciones aéreas. Así es como relacionar las actividades de los procesos lleva a determinar un flujograma y, en consecuencia, una matriz de asignación de responsabilidades de acuerdo con el nivel de competencia que tenga el personal a intervenir la aeronave.

Tabla 40. Ejemplo matriz raci para mantenimiento de la aeronave

Actividad			Roles dentro del proceso				
Taller	Tarea	Comandante mantenimiento	Inspector	Técnico	Analista	Almacenista	Transportista
1	Recibo	A	R	I	I	I	I
	Inspección	A	C	R		I	I
	Reparación	A		R			
	Entrega	A	R	I	I		

Fuente: *elaboración propia*.

Nota: Esta relación establece el marco de la comunicación formal dentro del proceso, lo cual lleva a desarrollar el flujo de proceso en que las partes intervinientes (directa o indirectamente) participan en el mantenimiento. Como se observa, el analista solo se tiene en cuenta para que obtenga la información propia de su cargo, al igual que el almacenista y el transportador de los elementos entre el almacén y el taller de mantenimiento.

El ejemplo expuesto en la **Tabla 40** se debe replicar para cada una de las exigencias del proceso de mantenimiento, lo cual lleva a tener la relación del personal. Por lo tanto, la identificación de puntos críticos y la relación desencadenante de eventos permiten dar cumplimiento a la asignación de recursos necesarios y establecer soporte tecnológico necesario

para el desarrollo de la gestión bajo el enfoque de factores clave de éxito y factores críticos que llevarían al fracaso en el cumplimiento de la misión organizacional.

Se invita al lector a promover un objetivo organizacional que consiste en la consolidación competitiva o estratégica basada en el mercado, lo cual lleva a establecer las estrategias con soporte en las herramientas articuladas en una filosofía y una metodología que resaltan esa identidad que todo proceso tiene para una funcionalidad única que genera una ventaja competitiva. Dicha ventaja está orientada a la gestión de activos, que debe ejecutarse desde la planeación del proceso de adquisición, permitiendo alcanzar el enfoque de la estrategia de generar valor corporativo, a través de una vida útil sostenible y rentable, con proyección de su tiempo de vida productivo y remanente hasta su disposición final (Álvarez-Jurado, 2020). Siguiendo el ejemplo, la aplicación de la matriz de asignación de responsabilidades debe ser:

- Determinar un proceso adecuado para el desarrollo del mantenimiento aeronáutico, estándar y enfocado a la productividad de este.
- Consolidar los análisis de influencia de todos los requisitos normativos, legales, doctrinales, técnicos, de apoyo y de gestión administrativa.
- Establecer los roles del proceso e identificar los perfiles organizacionales que cumplen las competencias requeridas por las autoridades, el fabricante y en atención a los órganos de control.
- Correlacionar los procesos de mantenibilidad con las necesidades de los procesos de apoyo relacionados con la asignación de recursos (personal, máquinas, herramientas, instalaciones, documentación técnica, insumos), el abastecimiento (compras de bienes, productos y servicios) y la distribución (repuestos, componentes e insumos), entre otros.
- Realizar el análisis de flujo de información y de materiales durante todo el proceso.
- Asignar a cada rol una responsabilidad para cada tarea, entendiendo que no solo es para el proceso de mantenimiento, sino también para todas las actividades que soportan de manera técnica y administrativa las actividades de mantenimiento.
- Validar con los líderes de los procesos la matriz de asignación y realizar ajustes, ninguno puede quedar sin responsable; el autorizador

participa por definición legal, normativa o procesal y por factores de financiamiento y económicos. Por último, informar al responsable de las personas a quienes puede consultar e informar algunos aspectos definidos en las actividades.

Inferenciación de la madurez en la gestión de activos

Desde la base de la gestión de activos y su aporte al desarrollo corporativo, el diagnóstico de la gestión de mantenimiento aeronáutico con la matriz de excelencia fue desarrollado por parte de Yecid Santos (2019, p. 78). Se determinó que la FAC está en el 56,5% de cumplimiento de los parámetros establecidos en el apartado “El camino hacia la madurez de un sistema de gestión”, del Capítulo 5. Alcanzando con un nivel proactivo o consciente, de acuerdo con esta metodología de excelencia de mantenimiento, se resalta la oportunidad de mejora en la integración de la estrategia de gestión de activos.

La investigación de Álvarez-Jurado (2020) relaciona la norma ISO 55001, cuyo aporte más importante es la estructura para un adecuado modelo orientado a generar valor corporativo. En la **Figura 29**, se presenta la alineación de los 39 temas del panorama de gestión de activos con la agrupación de seis bloques temáticos, partiendo de la estrategia y planeación, con enfoque de toma de decisiones basadas en la evidencia derivada de los conceptos de ciclo de vida y trazabilidad operacional del activo. Con esto, se plantean once factores clave para la información necesaria en la gestión del ciclo de vida del activo. El aseguramiento de la mantenibilidad permite articular lo abordado en la gestión por capacidades de la siguiente manera para la gestión de la información:

- Doctrina (D) – Grupo 4 – Información de activos
- Organización (O) – Grupo 5 – Organización y personal
- Materiales (M) – Grupo 4 – Información de activos
- Personal (P) – Grupo 5 – Organización y personal
- Infraestructura (I) – Grupo 3 – Life Cycle Delivery

Sin embargo, siguiendo con nuestro ejemplo, es evidente la falta de correlacionar con el DOMPI, pues los grupos 1, 2 y 6 son aplicados en los

procesos organizacionales de la institución. La falta de aplicación de estándares internacionales exige enfocarse en el mejoramiento de las políticas que sustentan la importancia del proceso de “direccionamiento político y estratégico para la defensa y seguridad”, con lo que la institución desarrolla su planeación estratégica que debe estar enfocada en cada uno de los 39 temas para la gestión de activos, exigiendo abordar la definición de las metodologías y herramientas para estandarizar el proceso y garantizar su sistematización y recurrencia orientada a la mejora continua. Así entonces, las preguntas que la gerencia institucional debe desarrollar son:

- **¿El modelo de gestión de activos institucional (si se tiene) contempla políticas claras que lleven al cumplimiento de estándares que generan valor corporativo?**
- **¿De tener la totalidad de políticas necesarias para la gestión de activos, la institución tiene la capacidad de cumplirlas a través del planteamiento de objetivos estratégicos?**
- **¿Se ha evaluado la pertinencia de las herramientas de medición y alcance de los objetivos clave para la gestión de activos?**



Figura 29. Alineación de los 39 temas del panorama de gestión de activos con los seis grupos de temas

Fuente: tomado de *Institute Asset Management (2015, p. 17)*, referenciado por *Álvarez-Jurado (2020)*.

Retomando el ejemplo de análisis de un proceso que se expuso en la **Figura 13**, a través de la correlación de variables se identificaron las variantes del proceso, significando sus riesgos, el estudio de las variables y los componentes establecidos en el Grupo 6 (Riesgos y revisión) de la **Figura 29**, se abordan los elementos de cada grupo encontrando su relación con el proceso de mantenimiento y la estrategia de gestión por capacidades. Desde la teoría, las fases del mantenimiento no pueden ser modificadas sin previa aprobación del fabricante, tan solo siendo afectada la táctica de la capacidad que está asociada a diferentes roles de acuerdo con su familia de capacidades. Este análisis llevaría a determinar la correlación de las estrategias con la filosofía de mantenimiento aplicado a cada aeronave, lo cual también está parametrizado por el fabricante.

Como parte del proyecto del modelo de planeación presupuestal basado en capacidades aeronáuticas de la FAC, se plantea el ejemplo en torno a la primera parte del flujo, el cual establece la necesidad de políticas claras para la definición de objetivos a desarrollar con estrategias que finalmente se evaluarán con indicadores orientados desde el concepto de resultados clave. Como ejemplo, se presenta la **Tabla 41** para la administración de los activos.

Tabla 41. Ejemplo correlación entre elementos grupo 1 de la ISO 55001

Política	Objetivo	Estrategia	Indicador(es)
Gestión presupuestal y eficiencia del gasto público	Establecer un modelo de planeación presupuestal.	Desarrollar planeación presupuestal para la totalidad de flotas de aeronaves con periodicidad de cuatro años.	Relación de tiempo y costo de la adquisición de componentes y repuestos de las aeronaves.
		Negociación con proveedores fabricantes para adquisición de componentes.	Disponibilidad de flota aeronaves.
		Desarrollar análisis de oferta y demanda de capacidades con familia de capacidades.	Impacto operacional del mantenimiento aeronáutico.
Gestión del conocimiento y la formación	Mantener la competencia del personal para la realización de las actividades de mantenimiento.	Plan de entrenamiento y capacitación coordinado con los líderes técnicos de los procesos.	Tiempo de respuesta a las tareas programadas e imprevistas.
		Fortalecer con nuevas metodologías y herramientas para el desarrollo de la mejora continua de los procesos y el personal.	

Continúa

Política	Objetivo	Estrategia	Indicador(es)
Liderazgo operacional	Consolidar procesos ágiles, eficientes y productivos para el desarrollo de los procesos.	Implementar herramientas de flexibilización de las actividades administrativas.	Dependencia del superior para la toma de decisiones (influencia del micro gerenciamiento).

Fuente: elaborada por el autor

Nota: Se presenta la relación de cómo dar cumplimiento a los elementos 1, 2 y 4 del Grupo 1 (Planeación y estrategia) de la norma ISO 55001:2014, con base en las recomendaciones del Institute Asset Management (2015). A través de la matriz de planeación estratégica organizacional, se proyecta la articulación de las políticas organizacionales con los objetivos y las estrategias. Así mismo, se relaciona la importancia de qué medir, basado en la filosofía planteada por Doerr (2018).

Vida útil de las aeronaves

Al revisar la perspectiva del ciclo de negocio para las aeronaves fabricadas en el mundo, se presentan como una de las entradas para la proyección del ciclo de vida de la aeronave conceptos asociados con las necesidades del entorno comercial, el cliente, la normativa legal y los fabricantes. Estas cuatro partes interesadas orientadas a obtener un beneficio llevan a parametrizar la planeación estratégica a desarrollar por la institución, siguiendo su rol de establecer la arquitectura organizacional, la asignación de recursos, y el despliegue de las capacidades internas y el abastecimiento de las externas. Para cada una de las flotas aeronáuticas de la organización, se determinan condiciones específicas establecidas en el manual de fabricante de cada flota, siendo este un requerimiento dentro de los parámetros del certificado tipo, de diseño y de producción de la aeronave. La estructura del Institute Asset Management (2015) menciona los componentes relacionados con la gestión de activos en la **Figura 30**, entonces depende del plan estratégico realizado con base en la demanda del servicio del activo, lo cual alinea la organización, el personal, el método, el flujo de información y la gestión de riesgos a partir de la adquisición hasta su disposición final.

Sin embargo, esto último no es la única fuente para establecer la proyección del ciclo de vida. Se tiene como base el diseño desarrollado por el fabricante para establecer las condiciones a cumplir por el operador y el mantenedor de una aeronave. En ese sentido, se deriva la exigencia de calidad del sector aeronáutico, que incluso es superior a la metodología del six Sigma, la cual establece solo cuatro defectos por diez millones de

operaciones, es decir, un 99,95 % de éxito. Así entonces, el fabricante parametriza y da una expectativa de vida útil de su producto aeronáutico en torno a los factores de seguridad y costos de sostenimiento operativo, con lo cual en los manuales del fabricante la expectativa de vida del producto aeronáutico sea *on condition*, y tanto el operador como el mantenedor deben tener una estrategia muy definida para el tiempo de operación del activo.

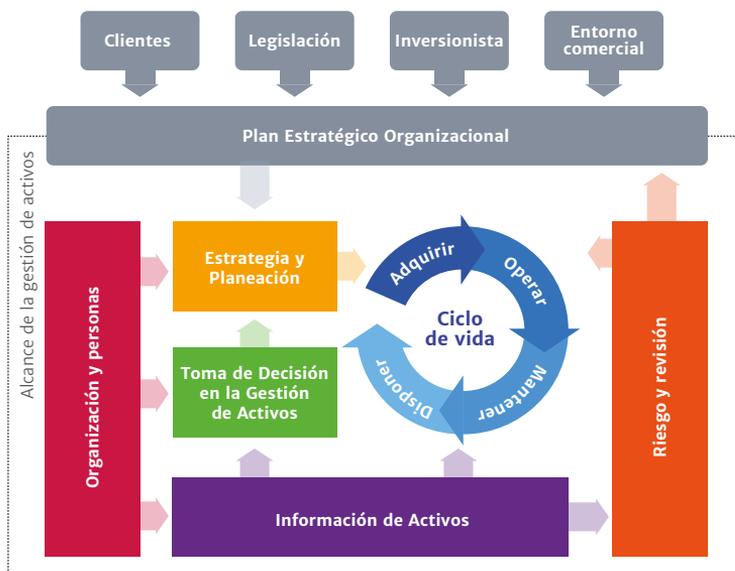


Figura 30. Ciclo de vida para la gestión de activos

Fuente: tomado del Institute Asset Management (2015).

La seguridad operacional y el costo de sostenimiento pueden estar lejos de llegar a porcentajes mínimos de rentabilidad. Para el sector aeronáutico del sector defensa, cuantificar bien sea la productividad o la rentabilidad dependerá de la gestión de los activos, que se encarga de la parte de soporte aeronáutico y la cuantificación del impacto operacional que se puede tasar a través de los precios sombra. No es lo mismo una operación de disuasión para la defensa aérea que un vuelo para transportar personal en un apoyo de logística humanitaria, los cuales sin duda son misiones críticas para la institución. El factor clave está en articular cada una de las metodologías mencionadas para evaluar la efectividad y el indicador de rentabilidad operacional.

El factor clave centrado en el valor corporativo se sitúa en la oferta de valor que se desarrolla a través del servicio de la aeronave como activo aeronáutico, por lo que la transición de los activos aeronáuticos depende de la capacidad de mantener el servicio o la función del activo. Con base en lo anterior, en la investigación presentada por Corredor-Polanía (2019) se señala que no existe una política o documento doctrinario que establezca cómo determinar el nivel de obsolescencia o la estimación de vida útil remanente de un activo aeronáutico (aeronave) de la FAC. En resumen, no se puede definir el tiempo del servicio y su posterior retiro del servicio activo de una aeronave en la actualidad, y propone un método para cuantificar de manera aproximada la condición de desgaste real de la aeronave. Otras aproximaciones sobre este tema la han desarrollado técnicos del área de estructuras de la FAC como José Atehortúa, quien en la **Figura 31** establece un estándar basado en aspectos comerciales para la relación conceptual del valor corporativo que tiene una aeronave según su edad operativa, por lo cual se asocian variables importantes para la toma de decisiones.

El periodo mínimo de operación de una aeronave se analiza partiendo de la programación operacional, y desde la fabricación de las aeronaves, se plantean estrategias para el aseguramiento de la mantenibilidad como activo. De acuerdo con lo trabajado por Álvarez-Jurado (2020) en su investigación para crear la propuesta del modelo gerencial de soporte al enfoque en gestión de activos aeronáuticos para el GRUTE-93 del Comando Aéreo de Mantenimiento de la FAC, se plantea un análisis de la evolución de los estándares del mantenimiento. El primero se basa en lo planteado por el MSG, que en 1968 estableció una estructura para el desarrollo de la evaluación de mantenimiento y el desarrollo de programas (MSG1), con lo que se iniciaron las filosofías aplicadas a la confiabilidad de equipos (rotatorios) y a la integridad de equipos o activos fijos como las estructuras.

En consecuencia, los cálculos para desarrollar la planeación se empezaron a fundamentar en herramientas basadas en variables como el tiempo de operación real y de alistamiento de los activos, llevando a programar mantenimientos por horas de vuelo, por ciclos de operación o por periodos anuales. Todo ello, en aras de impulsar la confiabilidad, empezando a trabajar con base en la condición del activo aeronáutico, de manera que fuese conveniente para el valor corporativo (que en el caso de una aerolínea es transportar pasajeros y carga). En este sentido, se relacionan los man-

tenimientos programados, los mantenimientos por disposición normativa y de operación (imprevistos), y los mantenimientos por control y prevención de la corrosión de los materiales.

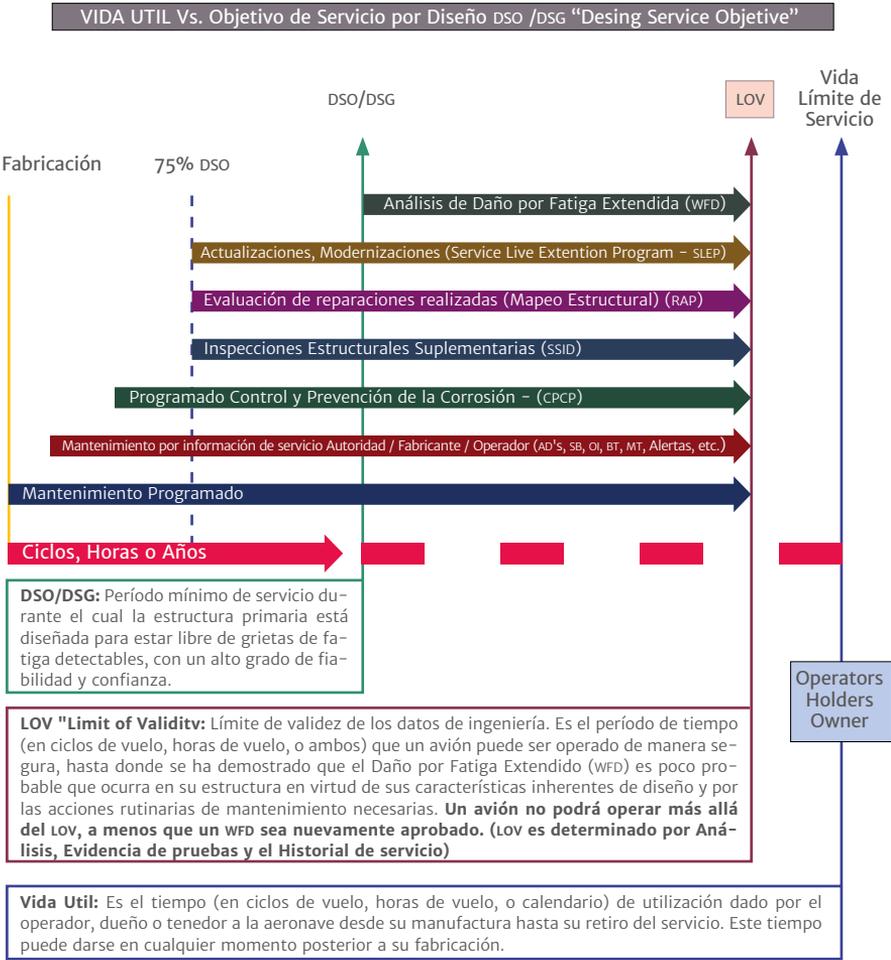


Figura 31. Vida útil versus el objetivo del servicio

Fuente: Álvarez-Jurado (2020, p. 47).

Continuando con el desarrollo de la madurez del modelo de mantenimiento en la aviación, el MSG ha contribuido con el mantenimiento en términos de consolidar los requerimientos basados en las filosofías de confiabilidad. Para ello, el MSG2 se orienta al mantenimiento preventivo

abordando en términos de un análisis de ciclo de vida útil de activos específicos, teniendo como estrategia el manejo de las variables de tiempo de uso y condición física del elemento. Para el monitoreo de los activos, se ha desarrollado el Sistema de Monitoreo de Salud y Uso (HUMS) y el Sistema de Monitoreo de Salud y Uso del vehículo (VHUMS), los cuales han permitido el registro de gran cantidad de datos que redundan en metodologías de análisis basadas en Big Data, llevando a los gemelos digitales.

Lo anterior ha madurado en el cambio del enfoque del mantenimiento y asegurar que mientras una aeronave tenga aeronavegabilidad continuada certificada puede mantenerse en vuelo. Sin embargo, como se aborda en la investigación del programa de Maestría en Logística Aeronáutica en torno al estudio de la renovación de flota aeronáutica en el que se abordan conceptos asociados con la obsolescencia comercial, logística y operativa. En su último desarrollo de madurez, se organizó con la unificación de conceptos de los anteriores para realizar la planeación del mantenimiento aeronáutico por intervalos y tareas.

La intención es empezar a desarrollar estrategias para prolongar el ciclo de vida de las aeronaves, con base en el límite de datos de ingeniería (LOV). De acuerdo con el análisis de Yecid Santos (2019), en su estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de monitoreo de uso y salud en los helicópteros UH-60L de la FAC, se explicó la correlación de variables como los costos, el tiempo de vida actual, la proyección del ciclo de vida y el uso de tecnologías para el monitoreo basado en condición, a través de una metodología descriptiva. Con esto, se lograron los análisis y la descripción de cómo un modelo de mantenimiento puede madurar en torno a buenas prácticas y el uso de metodologías aplicadas a la gestión de la sostenibilidad de las aeronaves. Lo anterior se aborda en el apartado “El camino hacia la madurez de un sistema de gestión” en el Capítulo 5.

Conclusión del capítulo

La gestión por capacidades depende no solo de las intenciones de la alta gerencia de una organización, ni de plantear un modelo difuso o ambiguo a la interpretación de las partes interesadas. Se plantea que todo desarrollo de una capacidad depende del equilibrio económico que debe gestarse desde la inversión y el beneficio a desarrollar. La eliminación de la entropía entre

el objetivo y el resultado clave es el factor que genera valor agregado a toda gestión, así como definir adecuadamente el concepto de capacidad, que es diferente para cada uno de los ejes temáticos abordados en la gestión logística. Se ha encontrado en la estructura del DOMPI la mejor forma de agrupar todos los componentes para desarrollar la descripción y la asignación de recursos a una capacidad. Sin embargo, como se aborda en los criterios de decisión para gestionar basado en capacidades, se deben analizar en detalle las variables, los criterios, los componentes y las restricciones para articular el modelo de planeación, con una nueva (M) asociada con la Modena.

Si un gerente no conoce el valor corporativo, ni se inclina a generar un aumento de este, la organización con el tiempo puede perder las capacidades que con gran esfuerzo ha logrado desarrollar. Mantener una capacidad no depende de una decisión unilateral de un líder, de un equipo de trabajo, de una sección o de una unidad; depende es de la articulación de los recursos para generar un mayor impacto operacional al esperado. Por ello, al aplicar un concepto como familia de capacidades, se logra determinar el detalle de cómo gestionar la inversión anual de un presupuesto, con base en la premisa de no invertir en una capacidad en sentido individual, sino de abordar un conjunto de actividades que reducen el esfuerzo administrativo del mantenimiento y asegurar la oportunidad de ejecutar actividades de mantenibilidad con proyección de un mayor impacto operacional.

La necesidad de los estándares internacionales con mayor desarrollo es innegable como fuente de información para validar un diagnóstico y el planteamiento de una estrategia de mejoramiento continuo. En relación con la gestión de activos, se validan los criterios representativos para adoptar mayor competitividad, llevando a determinar estrategias articuladoras entre las capacidades internas y externas, así como los criterios que deben abordar para la adecuada inferenciación bajo parámetros estándar, que le permitan a la organización el desarrollo de estrategias adecuadas a prolongar la vida útil de las aeronaves. Los principios de madurez de un sistema de mantenimiento soportado por la confiabilidad operacional de los equipos con componentes dinámicos, y asegurar la integridad de los activos desde su estructura mecánica, se implementan con fines de sostener la misionalidad y el valor corporativo institucional.

Por lo anterior, la tecnología basada en el conocimiento del mantenimiento depende de una estructuración mental soportada en términos

abductivos, tomando como preceptos la estructura que conforma una capacidad, el modelo de confiabilidad operacional e integridad de activos, la categorización de activos como se plantea en el RACAE 145 y el tipo de mantenimiento aplicado al sector aeronáutico, ya consolidado en los estándares del MSG. Por ello, en el próximo capítulo se abordarán elementos producto de las investigaciones de los estudiantes de la Maestría en Logística Aeronáutica.

Capítulo 5

Metodologías de planeación, estandarización y control de operaciones

CÓMO CITAR

Rincón Cuta, Y. A., Rincón Sandoval J. G., y Hoyos Gómez, F. (2024). Metodologías de planeación, estandarización y control de operaciones. En *Metodologías aplicadas a la gestión de la logística aeronáutica*. Escuela de Postgrados de la FAC. <https://doi.org/10.18667/9786289646917>

Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 23

**METODOLOGÍAS APLICADAS A LA
GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA AERONÁUTICA.**

FORTALECIMIENTO DEL ENFOQUE DE
LIDERAZGO CON HABILIDADES DURAS
PARA UNA EFICIENTE PLANIFICACIÓN
AVANZADA DE LA CALIDAD

ISBN: 978-628-96469-0-0

E- ISBN: 978-628-96469-1-7

<https://doi.org/10.18667/9786289646917.05>

Bogotá, Colombia

Octubre, 2024

Cada uno de los investigadores citados en este capítulo, como egresados de la Maestría en Logística Aeronáutica, se enfocaron en realizar sus análisis a través de la metodología de tipo descriptivo, siendo seleccionados estudiantes de las cohortes I, II, III y IV. Se integran directamente con el proyecto de investigación denominado “**Herramientas de gestión para la logística aeronáutica**”, el cual ha permitido consolidar la articulación temática de los capítulos anteriores y el presente.

El camino hacia la madurez de un sistema de gestión

La investigación de Yecid Santos (2019) abordó los conceptos relacionados en la **Tabla 42**, con el propósito de evaluar una nueva tecnología con pertinencia a las flotas de aeronaves de la FAC.

Tabla 42. Variables investigadas en el mantenimiento aeronáutico

VARIABLES PRINCIPALES	EJES TEMÁTICOS	ENFOQUE	UNIDAD DE ANÁLISIS
Costo de mantenimiento	Mantenimiento	Productividad	UH-60L
Cantidad proyectada de presupuesto			Costos
Nivel de madurez del mantenimiento en la FAC			HUMS

Fuente: desarrollado en coautoría con el investigador Santos (2019), que sintetiza los factores a tener en cuenta para iniciar cualquier planeación.

A partir de la **Tabla 42**, se realizó la investigación de instrumentos, metodologías y herramientas para definir una estrategia de mantenimiento *on condition* para la flota de aeronaves UH-60L. Ya se estableció la existencia de la demanda de “servicios de mantenimiento para veinticinco aeronaves Blackhawk UH-60L” de la FAC, a fin de consolidar todos los aspectos clave de éxito y fracaso en una sola herramienta aceptada internacionalmente, con base en la estructura de normas como:

- ISO 14224:2016, que proporciona una base integral para la recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento (RM).
- ISO 17359:2018, que brinda pautas para los procedimientos generales que se deben considerar al configurar un programa de monitoreo de condición.
- SAE JA1011 para el RCM, uso de activos físicos o sistemas que desee administrar de manera responsable. (SAE International, 2009)

Las normas mencionadas son referencia de la importancia de validar estándares internacionales aceptados, lo cual elimina el primer problema y asegura la proyección del conocimiento a desarrollar, evidenciando que existen otros modelos requeridos y en condición de ser complementarios para el gerenciamiento de activos. Uno de ellos fue desarrollado por el Instituto de Gerenciamiento de Activos con el documento *Gestión de activos: una anatomía* (Institute Asset Management, 2024), el cual ha sido nuevamente validado a fecha de Julio 2024.

Se seleccionó como herramienta la matriz de excelencia de mantenimiento, a fin de establecerla como base de los parámetros que posteriormente se abordaron como parte del diagnóstico del nivel de madurez del sistema de gestión de mantenimiento de la institución. Se presenta por parte del investigador Santos que el sistema tiende a ser muy exigente y que dentro de sus condiciones documentales es muy robusto, promoviendo una herramienta metodológica llamada *matriz de excelencia*.

Matriz de excelencia de mantenimiento, “herramienta de diagnóstico”

La estructura de esta herramienta, aplicada por Gómez-Nieto y Cote-Flórez (2011), se basa en diez áreas que sirven para evaluar diferentes componentes (**Tabla 44**). A través de la descripción de cada uno, y luego en la **Tabla 45**, se pondera el grado de cumplimiento de cada componente, siendo una forma de utilizar el análisis de manera cualitativa en cinco niveles para determinar qué tan maduro es el sistema de gestión de mantenimiento.

Tabla 43. Nivel de madurez para cada componente de la matriz de excelencia de mantenimiento

Clase	Descriptor	Escala de ponderación
5	Clase mundial	80 a 100
4	De lo mejor en su clase	60 a 80
3	Consciente	20 a 60
2	Insatisfactorio	10 a 20
1	Inocente	0 a 10

Fuente: Gómez-Nieto y Cote-Flórez (2011).

Nota: En la tabla, el nivel de madurez deseado se relaciona con el número más alto, siendo el menor número la mayor oportunidad de mejora para la gestión del mantenimiento.

Las diez áreas abordadas en la **Tabla 44** son los títulos de cada una de las columnas y debajo de ellas se muestran en orden ascendente las prácticas según el nivel de madurez. Cada nivel de desempeño tiene una ponderación cuantitativa que va en la escala de 0 a 100 y representa el nivel de desarrollo en la organización. Aunado a esto, se tienen en cuenta los niveles de desempeño y su escala, en la que se clasifican tomando como factores clave los costos y los resultados operacionales, tal como se interpreta en la **Figura 32**.



Figura 32. Niveles de desempeño de la gestión de mantenimiento

Fuente: Gómez-Nieto y Cote-Flórez (2011, p. 38).

Tabla 44. Diez componentes de la matriz de excelencia de mantenimiento

Ítem	Componente	Descripción
1	Estrategia corporativa de mantenimiento	Desde el enfoque de un mapa estratégico de Kaplan y Norton (1996) y sus cuatro perspectivas en las que se evalúa la estrategia corporativa de mantenimiento de la empresa a largo plazo totalmente integrado, tomando como referencia los KPI de gestión que permitan el cumplimiento de los objetivos propuestos en términos financieros, de clientes, de procesos y de mejoras.
2	Administración y organización	Desde el enfoque de gestión por capacidades para crear oportunidades de mejoramiento en la articulación de los servicios de mantenimiento y los procesos de apoyo concernientes a las demás áreas de la organización, con base en la estrategia corporativa de mantenimiento.
3	Planeación y programación	Con un enfoque del ciclo productivo desde la planeación, la programación, la ejecución y el control del plan estratégico de mantenimiento y las necesidades operativas, se realiza el seguimiento a la estrategia de mantenimiento.
4	Técnicas de mantenimiento	Permite evaluar la definición de la estrategia de mantenimiento desde las condiciones de confiabilidad, integridad, gestión de riesgos y ciclo de vida del activo, a través de un análisis estructurado con base en estándares y exigencias normativas.

Continúa

Ítem	Componente	Descripción
5	Medidas de desempeño	Desde la identificación de KPI con el enfoque de Doerr (2018), se establece el cuadro de mando integral para el seguimiento con base en las estadísticas de falla de manera automatizada como mínimo para todos los costos y equipos críticos.
6	Tecnología de la información y su uso	Propendiendo a la integridad de módulos de mantenimiento, materiales e interconexión con el área contable, se abordan conceptos de calidad de los datos y la importancia de la manipulación a través de auditorías de los diferentes sistemas de manejo de la información y su intercomunicación.
7	Equipos de mejoramiento	Basado en la eficiencia y la gestión de alto desempeño, se promueven proyectos, planes y comités para realizar procesos sistemáticos orientados a la mejora continua y la eficiencia, soportando el seguimiento de los resultados en la formación y el desarrollo de competencias del personal de mantenimiento.
8	Análisis de confiabilidad	Con un enfoque estocástico se estudian las fallas en equipos y sistemas, a fin de evaluar el ciclo de vida del activo desde la información obtenida en el desarrollo de las operaciones, con lo que se proyectan los planes de reposición y la confiabilidad operacional.
9	Análisis de procesos	Desde un enfoque normativo, se fundamenta la revisión de los procesos y procedimientos administrativos, en cumplimiento de los requerimientos de las partes interesadas, entre las cuales se encuentran los fabricantes, las autoridades, los proveedores, y los clientes internos y externos del activo.
10	Infraestructura e instalaciones	Desde el enfoque de la capacidad y la evaluación de recursos como la infraestructura, los equipos y sus componentes, se analiza la factibilidad de gestionar de manera técnico-administrativa los procesos con información confiable y oportuna, a través de los medios tecnológicos disponibles, asegurando la calidad del dato.

Fuente: *elaboración propia*.

Nota: La base fundamental de la matriz es la estandarización. La descripción desarrollada está enfocada a la gestión del mantenimiento, por lo cual el planteamiento obedece a las normas mencionadas en el apartado “El camino hacia la madurez de un sistema de gestión”.

Con los parámetros establecidos para la gestión del mantenimiento, a través de un análisis basado en datos históricos, entrevistas, encuestas e inferenciación por parte del equipo de planeación de su momento, el autor Yecid Santos (2019) realizó la aplicación del instrumento basado en el análisis de datos de confiabilidad y la participación de expertos de Brasil, Chile, Ecuador, Estados Unidos y Colombia, de modo que se ha identificado el grado de madurez en la gestión de mantenimiento del grupo técnico de la unidad analizada. Se tuvo como resultado 57,5 puntos sobre 100, con una validación por parte de expertos con resultado de 54,5 puntos sobre 100, como se observa en la **Figura 33**. Estos resultados no indican que la institución sea buena o mala en términos del soporte, sino que tienen que basarse en la estructura planteada para el mejoramiento de la operación.

Tabla 45. Matriz base de excelencia de mantenimiento

Clase	Estrategia de mantenimiento	Administración y organización	Planeación y programación	Técnicas de mantenimiento	Medidas de desempeño	Tecnología de la información y su uso	Involucramiento de los empleados	Análisis de confiabilidad	Información de procesos	Información sobre infraestructura e instalaciones
Clase mundial	Estrategia corporativa de mantenimiento	Organización de alto desempeño	Ingeniería de mantenimiento y planeación a largo plazo (mínimo dos años a la vista)	Todas las técnicas derivadas de un análisis estructurado.	Efectividad de equipos, benchmarking y excelente base de datos de costos	Bases de datos totalmente integradas	Equipos de trabajo autónomos	Programa total de confiabilidad, predicción y ajuste de estrategias con base en estudios de confiabilidad	Revisión regular de los procesos de costo, tiempo y calidad	Fuente única de información de infraestructura de equipos, componentes y las diferentes jerarquías
De lo mejor en su clase	Plan de mejoramiento a largo plazo	Organización de mantenimiento integrado con proveedores de bienes y servicios	Buena planeación del trabajo. Soporte de ingeniería de mantenimiento	CBM formal e integrado a manuales y programas de mantenimiento. PPW con base en RCIM, inspecciones basadas en riesgo.	MTBF / MTTR disponibilidad, costos de mantenimiento muy estructurados y gestionados	CMMS convencional ligado a financiero y materiales	Equipos de mejoramiento continuo formalmente creados y funcionando	Modelamiento de confiabilidad	Algunas revisiones de procesos administrativos de mantenimiento (estratégicos, tácticos y operativos)	Infraestructura de equipos y componentes estandarizada en las diferentes bases de datos
Consciente	Plan estratégico de mantenimiento a un año	Mantenimiento integrado con las demás áreas de la compañía	Grupos de planeación e ingeniería de mantenimiento establecidos	Algo de CBM, algo de NDT	Tiempos de parada con modo, causa y elemento de falla	CMMS convencional no ligado a otros sistemas	Comités de mejoramiento ad-hoc	Buena base de datos de falla en uso RCFA y FMEA	Revisiones periódicas de procesos a procedimientos técnicos por disciplinas	Infraestructura de equipos jerarquizada y clasificada
Insatisfactorio	Plan de mejoramiento de mantenimientos preventivos	Mantenimiento integrado a operaciones	Soporte para detección de fallas y programación	Inspecciones basadas en tiempo	Algunos registros de falla y costos de mantenimiento no segregados	Algunos programas y registros de repuestos	Algunas reuniones de mejoramiento en seguridad	Registro de fallas poco usado	Procesos técnicos de mantenimiento revisados por lo menos una vez	Infraestructura de equipos y componentes estructurada en algún medio magnético
Inocente	Mantenimiento reactivo	Organización y administración funcional	No planeación, programación elemental	Paradas anuales de inspección únicamente	Ninguna aproximación sistemática a costos de mantenimiento y fallas de equipos.	Manual y registro ad-hoc	Solo reuniones para tocar temas sindicales o sociales	No existe registro de fallas estructurado	Procesos técnicos y administrativos de mantenimiento no documentales y nunca revisados	No existe ningún registro de la infraestructura de equipos y componentes

Fuente: Santos (2019, p. 96) y adaptado de Gutiérrez-Romero y Díaz-Cardales (2011).

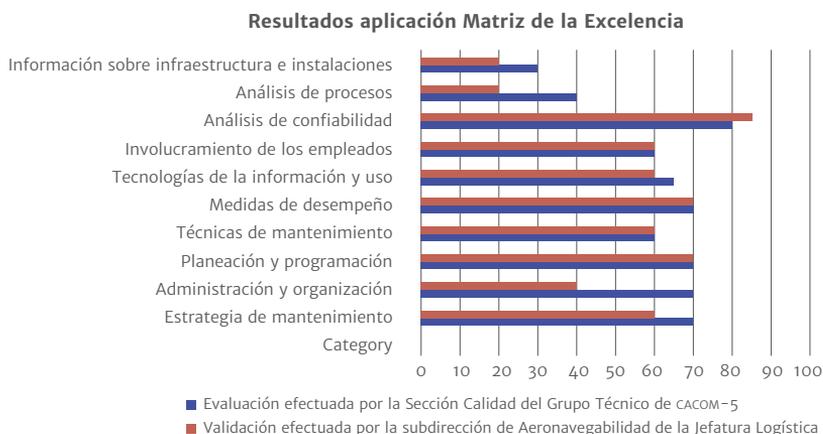


Figura 33. Resultados de la ponderación de la matriz de excelencia aplicados en la unidad de análisis del investigador

Fuente: tomado de Santos (2019).

De acuerdo con los resultados de Santos (2019), y tomando como referencia la **Figura 32**, la organización se ubica dentro de un nivel de maduración de la gestión de mantenimiento en “Nivel proactivo” o “Mantenimiento consciente”, configurándose en no sobresaliente. Lo anterior lleva a establecer mejores prácticas que permitan asegurar su compromiso y el cumplimiento de la misión, así como de las metas institucionales establecidas. Así mismo, se resalta que posee fortalezas a través de la implementación de nuevas herramientas y un plan de acción a mediano plazo, con lo que podrán llevar a catalogar su gestión del mantenimiento dentro de clase mundial. En los resultados globales obtenidos de los diez aspectos considerados, las áreas con mejor desempeño fueron:

- Análisis de confiabilidad
- Medidas de desempeño
- Planeación
- Programación
- Estrategias de mantenimiento

Lo anterior se soporta en la estructura organizacional asociada con la gestión basada en capacidades, fortalecida a través de sus planes estratégicos, programas de mantenimiento, continuo entrenamiento de personal y

seguimiento establecido mediante su cuadro maestro de control, con el uso de herramientas que aseguran un adecuado soporte en el flujo de datos y un posterior análisis en el *software* de confiabilidad (Santos, 2019). Las áreas que presentan mayores oportunidades de mejoramiento, en razón a que se requieren nuevas técnicas de mantenimiento, son las siguientes:

- Administración y organización.
- Técnicas de mantenimiento.
- Uso de las tecnologías de la información.
- Involucramiento de los empleados.
- Análisis de procesos y el área de información sobre infraestructura e instalaciones.

Para finalizar la explicación de la herramienta “Matriz de excelencia de mantenimiento” en la **Tabla 45**, con base en el fundamento de estándares internacionales, se logra visualizar la directa relación entre la evolución de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo integral y las estrategias relacionadas en la **Tabla 48**. Las metodologías, herramientas y filosofías que se mencionan a continuación estarán fundamentadas desde los ejes temáticos de la logística (ver **Figura 12**), con lo cual se pretende puntualizar el enfoque hacia el mejoramiento de los procesos, partiendo de elementos estándar mencionados para cada investigación y conectando las variables estudiadas desde los diferentes enfoques de los investigadores.

Procedimiento de mejora continua

El primer objetivo es desarrollar procesos que permitan mejores resultados; esto se ha estudiado reiterativamente, desde un planteamiento filosófico, para estandarizar modelos sistémicos y sistemáticos con tendencia a ser cíclicos. Sin embargo, cuando se aborda en términos de proceso, se hace referencia a cómo una empresa genera valor corporativo, estableciendo actividades de aseguramiento de la calidad y que lleven a la aplicación de mejores prácticas que le permitan mejorar y sostener el grado de cumplimiento exigido. Existen diferentes modelos y entre ellos se resalta el círculo Deming o PHVA, que ha evolucionado con el tiempo y dependiendo de la industria se aplica de manera específica, retomando el método

científico, y se ha llegado a orientar en un método basado en la innovación de la ciencia. Como se expone en la **Figura 34**, los autores Moen y Norman (2009) presentan la evolución del concepto desde la perspectiva de gestión de la calidad.

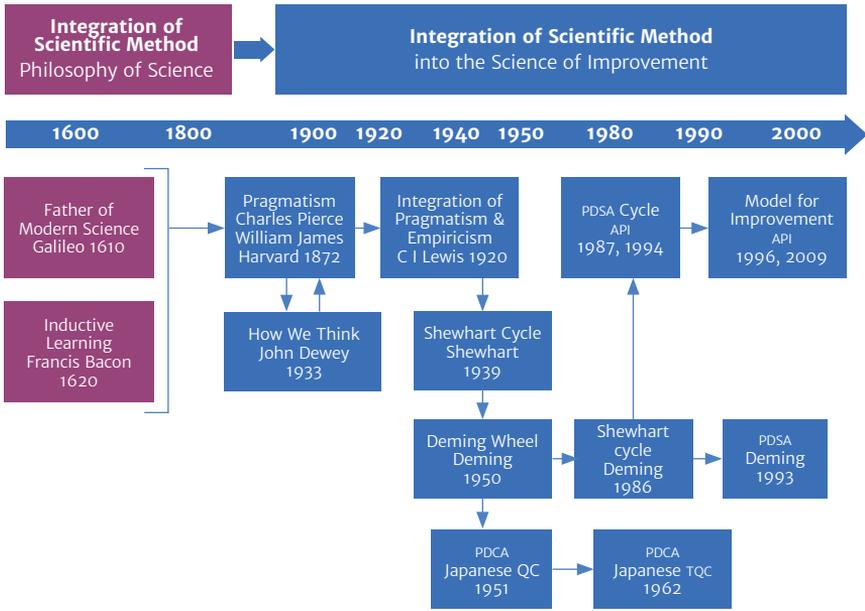


Figura 34. Evolución del método científico en el PDSA y API
 Fuente: adaptado de Moen y Norman (2009, p. 2).

Desde una perspectiva de procesos con enfoque en el rediseño de las operaciones, se tiene el más cercano a la generación de valor para la empresa, el cual habla de los elementos más conocidos para la organización en la actualidad, a saber: mantener un modelo de gerenciamiento de control integral, la construcción de negocio desde el enfoque del producto o servicio, la inclusión de procesos integrados a un modelo de innovación, una estructura organizacional de gestión basada en los procesos de negocio, y el flujo de procesos donde valorar tiempos productivos y no productivos.

Por lo tanto, es necesario extraer las ventajas de cada uno de los modelos consolidados por Serrano-Gómez y Ortiz-Pimiento (2012), en su artículo de revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque

en el rediseño. Sin embargo, en el factor en que se relacionan todos los consolidados en la **Figura 35**, el modelo estratégico de la organización debe tener en cuenta que la metodología y las herramientas para el logro de los objetivos deben partir de desaprender y volver a aprender, a fin de definir su concepto de procedimiento de mejora. Como se puede inferir, el concepto de valor es abordado por los diferentes autores de los modelos de mejoramiento señalados y lo importante para resaltar es la gran diferencia de los pasos de cada uno de ellos.

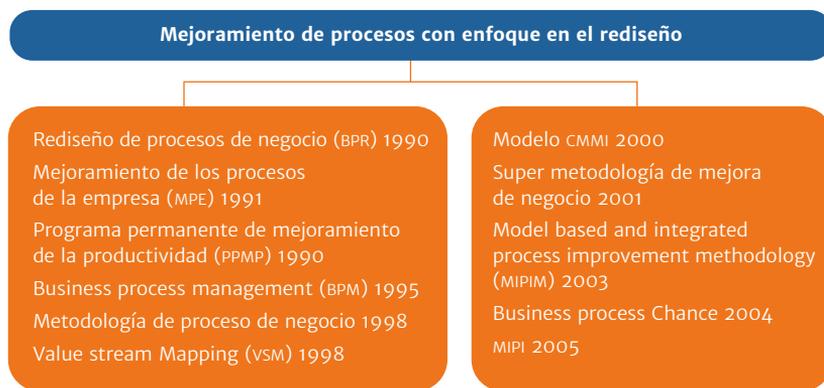


Figura 35. Modelos de mejoramiento de procesos con enfoque de rediseño

Fuente: *adaptado de Serrano-Gómez y Ortiz-Pimiento (2012, p. 7).*

De acuerdo con análisis entre los elementos clave para la toma de decisión, a la hora de seleccionar, clasificar y analizar los modelos para el mejoramiento de los procesos de certificación de partes aeronáuticas depende del grado de cambio aceptado que se busca alcanzar en la organización, con la aplicación de cada una de las propuestas que impacten el sector aeroespacial. Por lo tanto, los autores Serrano-Gómez y Ortiz-Pimiento (2012) establecen tres enfoques, en razón al nivel de mejora, el riesgo y los recursos e impactos en cada uno de ellos:

- El incremental: Aporta pequeños cambios y solución de problemas específicos.
- El rediseño de procesos: Resultados satisfaciendo a sus clientes y logrando reducción de costos y de tiempos de ciclo.

- El enfoque de la reingeniería con mejoras más radicales como en la estructura organizacional o en la forma de gestión con nuevas orientaciones estratégicas.

Por lo tanto, el tercer enfoque basado en la reingeniería obliga a entender el concepto de mejora continua para el sector aeronáutico como el proceso disruptivo que encadene los diferentes eslabones de la cadena de valor, de manera que realiza la apertura y permite el desarrollo del mercado mediante la libre oferta de servicios con el acompañamiento permanente de la autoridad aeronáutica competente para el desarrollo de proveedores antiguos y nuevos como actores válidos.

Core business (centro de negocio)

La innovación, el desarrollo corporativo, la sostenibilidad organizacional y la vigencia competitiva no pueden llegar si una organización desconoce aquello que la define, aquello que la diferencia de las demás, aquello que genera su permanencia en el mercado, y esto es su *centro de negocio*. De acuerdo con diferentes autores, el centro vital de la organización es por lo cual realmente la organización existe. Para entender mejor esta idea, se pone como ejemplo:

- Una empresa de transporte de carga aérea tiene como centro de negocio trasladar de un punto “A” aun destino “B” en un tiempo “T” una carga de peso “P” y volumen “V”, con una expectativa de ganancia “G”, a eso se dedica y debe aparecer en su centro de negocio. Por lo tanto, su función no es sostener una gran flota para el transporte, ni sostener grandes bodegas para el almacenaje de mercadería, es decir, las necesita para desarrollar su actividad, pero no son parte de su *core business*.
- Una empresa de mantenimiento aeronáutico tiene como centro de negocio desarrollar las acciones técnicas requeridas y planeadas, a fin de llevar a una condición aeronavegable un producto aeronáutico bajo una condición segura y confiable, con una expectativa de ganancia “G”, a eso se dedica y debe aparecer en su centro de negocio. Por lo tanto, su función no es sostener una gran nómina de técnicos o especialistas junto con su entrenamiento y capacitación, tampoco es su función

sostener grandes hangares y talleres especializados para el desarrollo de su actividad económica, es decir, necesita estos recursos para desarrollar su negocio, pero no son parte de su *core business*.

- Una empresa de transporte de pasajeros basa su estrategia de negocio en transportar un Pax de peso “P” y volumen “V”, de un punto “A” a un punto “B” en un tiempo “T”, con una expectativa de ganancia “G”. Por lo tanto, no es su función sostener una gran flota de aviones o de vehículos, junto con una costosa nómina de pilotos o conductores, es decir, los necesita para su actividad, pero no hacen parte de su *core business*

Así entonces, toda organización que posea cualquier tipo de activo para su proceso productivo debe tener claro: cuál es su centro de negocio, qué productos y/o servicios conforman el negocio, cuáles son los medios y recursos para conseguirlo y cuál es la variación de las condiciones políticas, económicas, legales, ambientales e institucionales que condiciona el mercado. Lo anterior dará como resultado una propuesta de valor real y vigente, frente a la demanda, que puede llegar a parametrizarlo en pro de la nueva forma de satisfacer la necesidad de este.

Planificación y control de operaciones

De acuerdo con Álvarez-Jurado (2020), durante las primeras dos décadas del milenio el desarrollo de la FAC como organización se ha visto relacionado con la adopción de buenas prácticas aplicadas al manejo de los activos aeronáuticos. Se puede destacar el aseguramiento de la calidad aeronáutica a través de las secciones de calidad de los diferentes grupos técnicos de las Unidades de Mantenimiento Aeronáutico, establecido en la parte 5 del Capítulo 2 del Manual de Mantenimiento Aeronáutico de la FAC (2016, p. 246). Esto le permite a la institución viabilizar la sinergia con diferentes organizaciones con capacidades externas que amplían la cantidad de capacidades o la disponibilidad de una ya certificada internamente, tomando como referencia el mapeo del flujo de valor extendido (EVSM) estudiado por Jones y Womack (2002), lo cual lleva a la organización a tomar la decisión de desarrollar una “gestión procura o gestión del abastecimiento a través de estrategias basadas en los proveedores” que propenda al abastecimiento oportuno.

Como ejemplo, se presentan las herramientas asociadas con la gestión de la logística basada en el desempeño (PBL). González-Romero (2021), quien realizó una propuesta con base en un modelo PBL aplicado a la contratación y adquisición de componentes para el equipo EMB-314, entiende que el suministro de servicios de mantenimiento y reparación se puede articular con las estrategias de tercerización institucional, en las que se libera la exigencia operacional de personal interno y se busca implementar una filosofía de productividad en el abastecimiento aeronáutico.

A partir de lo anterior, se desarrolla el modelo de contratos basados en desempeño (PBC), en donde el proveedor de servicios es compensado por el resultado del rendimiento del sistema o producto, no por los trabajos reales y/o repuestos tramitados. Por ejemplo, mejorar la preparación de sistemas de armas con un costo mínimo de propiedad es altamente deseable por el Departamento de Defensa de Estados Unidos. Esta meta a menudo se logra ofreciendo incentivos financieros para el proveedor que alcanza y excede los desempeños estándar.

A largo plazo, el esquema de PBC motiva a los fabricantes de equipos originales (OEM) a invertir más recursos en confiabilidad, basado en la premisa de reparación reducida, llevando a menores costos y esfuerzos logísticos. Uno de los programas base del Departamento de Defensa de Estados Unidos fue el proyecto multinacional Joint Strike Fighter, que asignó 600 billones de dólares de un presupuesto total de 950 billones de dólares, con el propósito de respaldar la operación y el mantenimiento de más de 2400 aeronaves utilizando el esquema de PBC (Jin *et al.*, 2013)

Para responder a las exigencias del trabajo diario, y así responder a las exigencias establecidas en una MRP, se deben validar las listas maestras de componentes, en donde se encuentran variables como elementos (repuestos asociados con números de parte), requerimientos del personal (asociados con perfiles y competencias), y máquinas, herramientas e instalaciones, como parte de los requisitos para la gestión basada en capacidades. Esto en atención a los requerimientos de la planeación operacional, aunado a la proyección de imprevistos y a través de las buenas prácticas asociadas con el sistema de confiabilidad desarrollado para el mantenimiento aeronáutico de la FAC (2016, p. 264).

Se proyecta el uso de las capacidades disponibles hasta consumir los recursos presupuestales, con lo que se propende al desarrollo del mayor

impacto en las operaciones aeronáuticas, sustentado en el desarrollo de los análisis de confiabilidad operacional y de mantenimiento, consolidando bajo los lineamientos del procedimiento para la elaboración del PASLO. Con ello, se define la gestión (**qué hacer**) a través de documentos estandarizados y se estructura el camino para que los líderes de la logística desarrollen, a través de las herramientas de gestión, las capacidades de la institución (**cómo hacer**).

En teoría, cualquier decisión no articulada totalmente con el proceso misional o desligada de estrategias de recuperación puede llevar a desperdicios de recursos. Así mismo, desde la perspectiva del objetivo, se presenta como la mitigación de los residuos, mermas o desperdicios, lo cual procede a identificar el rol de un planeador de las operaciones que permita integrar la planeación de las actividades con la optimización de recursos. En consecuencia, quien asuma este rol debe tener tanto la formación como la experiencia basada en la casuística, a fin de controlar las operaciones planeadas, todo proyectando generar criterios mucho más especializados para mejorar las condiciones en una nueva vigencia.

En el pasado, las organizaciones han basado sus planes operacionales en la prospectiva, así como en el desarrollo de modelos de planeación por estimación. En consecuencia, el estudio de las siete mudas toma relevancia para un planeador de operaciones. En términos de aprovisionamiento de material aeronáutico, se presentan los análisis de series de tiempo y su validación a través de los estudios de incertidumbre, con los cuales se utilizan indicadores orientados al margen de error. Para Diego Silva-Martínez (2017, p. 12), estos cálculos permiten proyectar a una organización hacia el desarrollo de capacidades con base en la demanda. Sin embargo, esta proyección depende del sector económico en el que se desarrolle, y como se vio durante la pandemia COVID 19, las operaciones aéreas no cumplieron las proyecciones comerciales.

Sin embargo, para el sector defensa se mantuvieron y en casos específicos se incrementaron, lo que refleja la necesidad de mantener modelos más flexibles, robustos y fiables para la actualización de la planeación y con ello desarrollar respuestas oportunas a los cambios operacionales. Así mismo, pueden cambiar las intenciones de la alta gerencia de una organización, con lo cual se debe proceder a la redistribución de los recursos asignados a las operaciones.

La filosofía del *lean thinking* y las herramientas asociadas con internet de las cosas, Big Data, *machine learning*, *blockchain*, etc., deben alinearse en un modelo de negocio basado en procesos como el BPMN para proyectar, con una mayor relevancia estratégica, la propuesta de planeación a largo, mediano y corto plazo. Con todo, se presenta la necesidad organizacional que es la realización de una planeación basada en procesos y gestión por capacidades, alineados con las intenciones y los objetivos del ciclo de negocio, no al revés. Para ello, la teoría expuesta por Hoshin Kanri y el desarrollo de la herramienta “Matriz X” le permiten al líder correlacionar las variables mencionadas y otras específicas del eje temático, lo cual se debe tener en cuenta para correlacionar todos los factores relevantes, siendo así establecida la factibilidad de aplicar la teoría de la brújula de la planeación.

Para Gómez-Hernández (2022), la investigación asociada con la planeación y el control de las operaciones se enfocó en la caracterización de la gestión por capacidades técnicas aeronáuticas. En esta, se abordaron diferentes criterios de análisis, estableciendo las variables y los elementos correspondientes en la **Tabla 46**.

Tabla 46. Variables investigadas en la gestión por capacidades

VARIABLES PRINCIPALES	EJES TEMÁTICOS	ENFOQUE	UNIDAD DE ANÁLISIS
Capacidades	Planeación	Productividad	CACOM
Recursos			CAMAN
Gestión			GRUAI

Fuente: *elaboración propia*.

Dado lo anterior, identificar las capacidades técnicas aeronáuticas se abordó desde una consulta de datos históricos en términos de uso y proyección de capacidades. Así mismo, se procedió a estandarizar la conceptualización a través de la *Guía metodológica de planeamiento por capacidades de mantenimiento aeronáutico*, del Ministerio de Defensa Nacional (2018), y se encontraron siete categorías, a saber:

- Estructuras
- Plantas motrices
- Hélices
- Radio y navegación

- Instrumentos
- Accesorios
- Servicios especializados

De las categorías mencionadas se consolidan todos los servicios de mantenimiento, reparación y fabricación de componentes aeronáuticos, evidenciándose las capacidades para cada una. Así es como, se procede a establecer la planeación de gestión interna de las unidades de mantenimiento, llamado también PMP, el cual es la consolidación de todas las actividades que serán atendidas con las capacidades internas de la institución, comprendiendo que si la institución tiene más de una ubicación gestora de mantenimiento. El PMP de cada unidad será distinto en tanto que las flotas asignadas a cada unidad son diferentes. Sin embargo, para las necesidades no atendidas se proyecta la gestión de abastecimiento de servicios con proveedores externos, pero para esto debe tenerse en cuenta la estrategia, la que debe estar alineada con las metodologías a usar, como:

- Planeación agregada de producción
- Planeación del mantenimiento basado en confiabilidad
- Planeación del mantenimiento basado en la vida útil y remanente de los activos
- Planeación por familia de capacidades (familias o grupos)
- Planeación basada en capacidades (individuales)
- Planeación basada en el desempeño
- La brújula de la Planeación
- Entre otras

Como se observa, la primera decisión que se debe tomar al articular con la planeación y la gestión es estandarizar la conceptualización de las metodologías, y posteriormente la elección de estas, para así definir el conjunto de herramientas, como se presenta en el apartado “Herramienta de análisis ‘matriz familia de capacidades’, gráficamente en dendograma y estructuralmente a través de la configuración de la plataforma de producto (todas relacionadas en este libro).

En términos de las capacidades, se expone su distribución anual con altas variaciones, así se determina la herramienta para el análisis de uso en

términos presupuestales, con lo cual trabajar el presupuesto para mantener la mayor cantidad de impacto operacional con las capacidades certificadas que tenga la unidad respectiva a la flota asignada.

En el comportamiento del uso de las capacidades se enmarcan las fuentes internas y externas, para el caso de las fuentes internas como se presenta en la **Tabla 47**, se estructura la forma de planeación y control de las capacidades, con las cuales se articula el plan de trabajo a corto, mediano y largo plazo. Así es como, se determina la definición de las capacidades certificadas, las cuales son aquellas que están en el portafolio de capacidades a utilizar inmediatamente.

Así mismo, existe la connotación de capacidad habilitada que, aunque cumple con todas las condiciones para certificarse, no tiene el documento que emite la autoridad aeronáutica a través de los entes de certificación aeronáutica autorizados, por lo que, de requerirse para atender la demanda y se proyecte incluir en el portafolio de capacidades la inversión debe basarse en el cronograma de mantenimiento y de la visita para la acreditación; generalmente este plan debe ser articulado con un periodo superior a un año.

Finalmente, las capacidades potenciales se han establecido para ser incluidas en un plan de seguimiento que implica un análisis mayor de proyección de uso, entendiendo que al proyectar la estrategia de mantenimiento aeronáutico, el cronograma debe calcularse mínimo al cuatrienio. Así, se proyectan los planes de inversión en mantenibilidad a mediano y a largo plazo. Para esto, se deben tener en cuenta los tipos de mantenimiento aeronáutico, los procesos de gestión de mantenimiento, el ciclo de vida de la aeronave y el enfoque hacia la gestión de activos.

Tabla 47. Relación de capacidades por componente / número de parte

Elemento / componente aeronáutico				
Unidad interna			Taller aeronáutico reparador	Fabricante
Capacidades			Capacidades	Capacidades
Certificadas	Habilitadas	Potenciales	Certificadas	Certificadas
0,00 / %	0,00 / %	0,00 / %	0,00 / %	0,00 / %
Total capacidades			Total capacidad	Total capacidad
0,00 / %			0,00 / %	0,00 / %

Fuente: *elaboración propia.*

Nota: Las cantidades se establecen derivadas del análisis real que tenga la organización.

Las otras fuentes de capacidades consideradas a proveerse como abastecimiento externo se establecen como talleres aeronáuticos reparadores, o MRO, en donde se desarrollan actividades de mantenimiento, reparación y *overhaul*. Estas pueden ser suministradas por entidades externas o por una unidad reparadora en diferentes instalaciones propiedad de la misma compañía propietaria del activo. Así es como la configuración de la planeación de las capacidades se consolida como el objetivo principal para el análisis de la gestión de los componentes asociados con el factor presupuestal. En la **Figura 38**, se ve plasmada la integración de componentes que desde una base estratégica permite el despliegue táctico, a fin de proyectar los presupuestos requeridos. Los elementos principales para su configuración son:

- Definición de políticas, objetivos y resultados clave.
- Planeación a corto, mediano y largo plazo.
- Planificación de la demanda de servicios con base en la necesidad operativa.
- Establecer prioridades de ejecución presupuestal con base en el impacto operacional.
- Analítica de datos de uso y proyección de capacidades.
- Evaluación de disponibilidad capacidad instalada.
- Validación de oferta de capacidades internas.
- Validación disponibilidad presupuestal por escenario.
- Desarrollo de encadenamientos basado en flujo de valor.

De acuerdo con el estudio, se evidenció que el mantenimiento mayor de una aeronave, para el caso de la institución operadora del sector defensa, es una vez en el cuatrienio, lo cual lleva a establecer la variabilidad de las flotas a las que se debe realizar mantenimiento. Se proyectan las capacidades a mantener certificadas, lo cual establece el primer factor clave de control para el desarrollo de las inversiones en las capacidades para las flotas respectivas, llevando a la necesidad de identificar tanto las capacidades como su estado dentro del portafolio institucional.

En la actualidad, la base de la planeación del mantenimiento aeronáutico, realizado por una organización de mantenimiento aprobada (OMA) que presta sus servicios a un operador de vuelo, debe responder a las filosofías

modernas de gestión, que se orientan al desarrollo de valor en cada uno de los procesos. Así lo estableció Castro-Marulanda (2020, p. 47), quien partiendo de la teoría del diamante de Porter (2010) estableció la estructura, el método y las herramientas básicas para la evaluación de la estrategia, la estructura y la rivalidad empresarial centralizada en la competencia e influencia entre proveedores, clientes y productos competidores. En principio, abordó los procesos que deben ser articulados con el plan de vuelo, el plan de campaña y/o el cronograma de operaciones.

Desde el enfoque de gestión por capacidades, se sustenta la creación de un sistema de gestión, el cual debe articularse con un modelo que garantice los recursos de capital de trabajo. Así, se promueve la sostenibilidad de las operaciones misionales de la organización, llevando a la necesidad de establecer una estructura básica para la gestión de los procesos de servucción del mantenimiento desde la necesidad de diseñar los procesos más eficientes. Tomando como referencia una organización, se establece como prioridad el desarrollo del modelo de negocio basado en la productividad, llevando a desarrollar el plan de trabajo y la proyección a mediano y a largo plazo, con el análisis de las capacidades técnicas que son la base del valor corporativo de una organización y deben sostener la certificación pertinente por la autoridad aeronáutica.

Para aeronaves comercialmente activas, la meta es mantener la aeronave en vuelo permanente y los mantenimientos se desarrollan por cronograma de acuerdo con el tiempo de servicio. Sin embargo, en el caso de las flotas de amplia longevidad y servicio según demanda se debe desarrollar a través de horas de vuelo proyectadas a operar anualmente, lo cual deja aeronaves a una inspección anual e incluso bianual. El modelo de mantenibilidad y sostenibilidad de las flotas aéreas depende de la gestión adecuada de los abastecimientos de componentes y productos aeronáuticos. Por lo tanto, las hojas de ruta o planes de trabajo para una orden de servicio de mantenimiento son la base para el cumplimiento de las exigencias normativas y de este servicio, llevando al cálculo de las cantidades de productos y componentes aeronáuticos. Así mismo, con base en los listados de material que se encuentran discriminados por flota y por inspecciones basadas en el cronograma de operaciones de mantenimiento, el uso de las capacidades y la definición de los materiales a través de las listas maestras permite la estandarización de la recurrencia de los factores.

Lo anterior permite estimar, de forma estandarizada para todos los años, la relación de la proyección de requerimientos (demanda) y de recursos y capacidades (oferta) que se presentan en la **Figura 36**. El flujo de las actividades de planificación y control para producción de servicios logísticos aeronáuticos dependen directamente de la cantidad de horas de vuelo proyectadas. Aunque el modelo se alimenta de la información que ingresa cada unidad de mantenimiento, teniendo en cuenta la proyección operativa, hoy en día el modelo no contempla factores de desgaste de los activos aeronáuticos, ni su tiempo de vida real. Así las cosas, siempre asumirá un mismo costo de la hora de vuelo, sin contemplar la variabilidad de la mantenibilidad de cada aeronave.

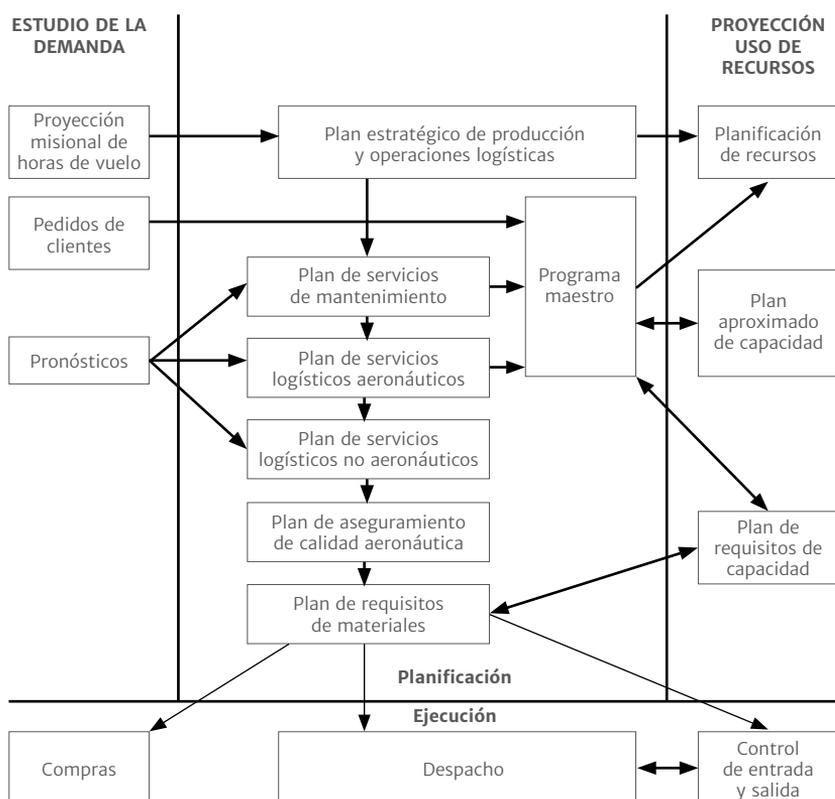


Figura 36. Flujo actividades de planificación y control para producción de servicios logísticos aeronáuticos

Fuente: adaptado por el equipo de investigación de la FAC.

La estrategia depende, a su vez, del tipo de mantenimiento que requiera una aeronave y de la política con la que se organice un operador aeronáutico, con lo que impacta claramente la estrategia de sostenibilidad de la flota aeronáutica. En tal sentido, el proceso para la prestación de servicios de mantenibilidad aeronáutica responde a una estructura que debe ser articulada, entendiendo que al tener gran número de activos también se presentan los diferentes tipos y enfoques de mantenimiento aeronáutico.

Tipos de mantenimiento

Como lo ilustra la **Figura 37**, el mantenimiento está dividido en dos acciones principales: mantenimiento correctivo (o mantenimiento desglosado) y mantenimiento preventivo, siendo el último un mantenimiento predeterminado (periódico) o un CBM, el cual también se estudia con herramientas predictivas.

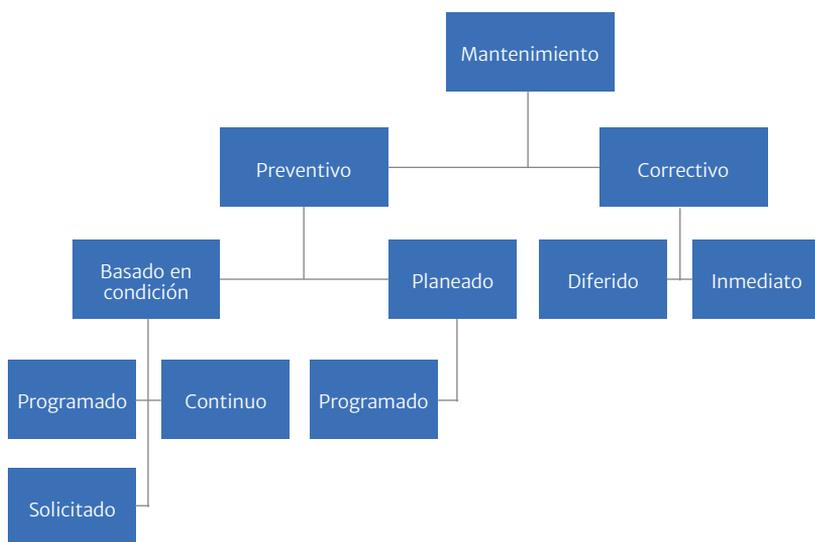


Figura 37. Descripción general sobre los diferentes tipos de mantenimiento

Fuente: adaptado por el autor de Salonen y Deleryd (2011) y referenciado por Santos (2019).

En la **Figura 37**, diferentes autores plantean factores clave a fin de seleccionar cuál debe ser el enfoque a desarrollar para un activo en específico.

En el sector aeronáutico, una organización debe responder a lo planteado por el fabricante para mantener la aeronavegabilidad certificada. Sin embargo, se deben tomar en cuenta afirmaciones como las de Rastegari *et al.* (2013), que relacionan las variables como herramientas, capacidades, competencias y habilidades de medición y análisis de datos, que son los principales desafíos que enfrentan las empresas para implementar el CBM. Así entonces, se debe abordar la evolución conceptual de los enfoques para determinar el plan de trabajo por tipo y exigencias de las autoridades desde la perspectiva del activo. Se abordan los enfoques para ampliar la perspectiva requerida con la que se establece la planeación y, por consiguiente, el presupuesto de soporte de los activos.

Mantenimiento correctivo

Citado por Santos (2019), el Instituto de Estándares Suizos en su documento SS-EN 13306 señala que el mantenimiento correctivo es la acción de carácter puntual a raíz del uso, el agotamiento de la vida útil u otros factores externos de componentes, partes, piezas, materiales etc., resaltando que el enfoque es lo principal. En este caso, se puede evidenciar el estándar establecido para la gestión del ciclo de vida del activo, permitiendo la recuperación, restauración y/o renovación, aunque esta gestión sea considerada un gasto o costo del proceso derivado de los impactos que puede generar, por lo que no le agrega valor al proceso de mantenibilidad. Sin duda, el lector puede considerar que esto significaría falta de preparación del líder de mantenimiento, lo cual impacta directamente en los resultados de la organización.

Sin embargo, en elementos con una fuerte justificación es aún aceptada para componentes o activos específicos. En el sector aeronáutico, se consideran parte de los imprevistos, debido a que pertenece a los riesgos residuales de una operación. Por lo anterior, se establece como la primera implementación del mantenimiento, debido a que sin ningún tipo de estudio se fue realizando a medida que surgía la necesidad de reparar piezas de las máquinas que presentaban el fallo. Este enfoque idealmente debe controlarse, mitigarse y en la medida de lo posible eliminarse de la práctica de un líder de mantenimiento. Según la Asociación de Ingenieros Papeleros de Finlandia (2009), las principales desventajas son:

- Aumento de costos principalmente por:
 - Los impactos generados por condiciones no planificados.
 - Las horas extras de mano de obra.
 - La reparación o el reemplazo del equipo.
 - Posible uso de un equipo secundario o daño al proceso de modos de falla del equipo.
 - Uso ineficiente de los recursos del personal.

El mantenimiento preventivo

Considerado como parte de la segunda etapa dentro de la evolución del mantenimiento, se define como el conjunto de acciones realizadas durante un tiempo para detectar, impedir o mitigar la degradación de un activo, a través de métodos y herramientas consolidadas en un programa estandarizado para mantener o ampliar su tiempo de servicio a través de la gestión de su ciclo de vida.

Citado por Santos (2019), el Instituto de Estándares Suizos en su documento SS-EN 13306 establece que se aborda el estudio desde un concepto holístico con enfoque en la probabilidad de falla o degradación. Así mismo, autores como Wireman, referenciado por Salonen (2012), establecen los siguientes tipos de mantenimiento preventivo, con tendencia a un método progresivo, lo cual se considera el programa de mantenimiento preventivo integral.

Se establece tratar abiertamente los conceptos de mantenimiento predictivo y mantenimiento basado por condición exigidos en parte por los fabricantes de los activos; y en el caso del sector aeronáutico se convierte en una exigencia para el sostenimiento del certificado de aeronavegabilidad continuada para que un equipo pueda desarrollar operaciones de vuelo. La selección del tipo de mantenimiento en este ejemplo corresponde a un enfoque sostenido en diferentes criterios de decisión/variables, entre ellos:

- Exigencias normativas.
- Exigencias legales.
- Prolongación del ciclo de vida del activo.
- Participación del activo en el ciclo económico del sector.
- Las capacidades para el mantenimiento del activo.
- Los costos asociados con la mantenibilidad del activo.

Tabla 48. Relación de actividades de mantenimiento preventivo progresivo integral

Método progresivo de mantenimiento integral		
Actividad	Acciones	Objetivo
Rutinaria	Lubricar Limpiar Inspeccionar	Cuidar los pequeños problemas antes de que causen fallas en los equipos.
Reemplazos proactivos	Reemplazar componentes deteriorados o defectuosos.	Reemplazar antes de que se presente inminente probabilidad de fallo.
Renovación programada	Durante un apagado, interrupción o alistamiento de equipos, el cambio de todos los activos conocidos o sospechosos.	Reemplazar componentes defectuosos identificados.
Renovación por predicción	Inspección de rutina, con base en análisis de datos obtenidos a través de tecnologías como HUMS, VHUMS y espectros gráficos basados en diferentes variables.	Reemplazar antes de que se presente inminente probabilidad de fallo con base en el ciclo de vida.
Mantenimiento basado en condición (CBM)	Inspección en tiempo real, con base en análisis de datos obtenidos a través de tecnologías como HUMS, VHUMS y espectros gráficos basados en diferentes variables.	Reemplazar antes de que se presente fallo con base en la condición actual del activo.
Ingeniería de confiabilidad	Estudios de ingeniería de diseño.	Descubrir posibles modificaciones del equipo para evitar fallas.

Fuente: adaptado de Santos (2019), quien referenció a Salonen (2012).

El mantenimiento predictivo

De acuerdo con Reyes-Picknell y Sifonte (2017), Santos (2019) y Álvarez-Jurado (2020), se ha consolidado como un enfoque exigido en el sector aeronáutico para mantener altos estándares de seguridad durante las operaciones aéreas. Esto lleva a los fabricantes a construir modelos de desarrollo de planeación de mantenimiento o programas de mantenimiento programado, de manera tal que se puedan llegar a mitigar los imprevistos.

Sin embargo, porque es importante mantener los imprevistos, de acuerdo con lo planteado por Hoyos-Gómez (2019), se debe establecer el nivel de aprovisionamiento del almacén aeronáutico al no ser factible eliminar riesgos ambientales y físicos de la operación de vuelo. Con lo anterior, se fundamenta que la toma de esta decisión influye en el consumo de recursos y el cumplimiento de condiciones, así como la afectación a otros procesos. La rutina del mantenimiento predictivo depende de lo siguiente:

- Supervisión periódica de los equipos
- Diagnóstico de sus posibles fallos
- Establecer tendencias
- Efectividad del mantenimiento planificado

En consecuencia, el factor clave de este tipo de mantenimiento se basa en la condición de los equipos. Se plantean diferentes métodos para hacer un seguimiento adecuado y de manera cuantificada. Leohold *et al.* (2021) en su investigación de los métodos de pronósticos para el mantenimiento predictivo, consolidan una topología generalizada partiendo de los siguientes modelos:

- Modelado del comportamiento para generar una línea base de comportamiento normal para la detección de anomalías.
- Modelado de la condición a partir de las características de deterioro (estimación de la condición).
- Modelización de la dependencia temporal de las mediciones para crear pronósticos (estimaciones de pronóstico).

Cada uno de los modelos anteriores se desarrolla a través del uso ordenado de capacidades técnicas, filosofías de gestión, técnicas aritméticas, y deben ser articulados de acuerdo con lo abordado en los siguientes apartados.

Según Herrera-Ortega (2011), la estrategia de mantenimiento debe tener como objetivo garantizar mayor control de los equipos críticos con base en el análisis de tendencias, con lo que se proyectan las medidas para la mitigación de la degradación y se permite la eliminación o control de cualquier imperfecto significativo en el estado físico del componente. Sin embargo, se presenta de manera relevante cuando a la fecha se encuentran en el mercado herramientas relacionadas con el internet de las cosas, lo que correlaciona las herramientas con el flujo de información. Ya no son suficientes las pruebas destructivas y los ensayos no destructivos, ahora se requiere articular con las tendencias de ciencia de datos.

Filosofía de trabajo para su aplicación (diferencia de enfoque confiabilidad e integridad de activos)

El tipo de activo orienta el enfoque temático que puede estar basado en la confiabilidad de un activo durante su operación o en la integridad del activo para mantener la operación; es decir, a todo equipo considerado dinámico

(como motores, turbinas, servos, entre otros) se le aplican filosofías de confiabilidad y fiabilidad.

Sin embargo, para la integridad de activos (estructuras, edificaciones, fuselajes, etc.) se busca obtener el máximo valor de la inversión en el activo, lo que permite relacionar la diferencia de enfoque con el que bajaría el personal de mantenimiento para asegurar la capacidad de los activos para el desarrollo de su función, manteniendo alto valor de aporte. Reyes-Picknell y Sifonte (2017, p. 54) presentan el diagrama de proceso de activos, basado en RCM-R, en el que se establecen seis fases, en su orden:

- Recolección de datos sin procesar
- Conversión de datos en información usable
- Análisis de datos
- Gerencia para la toma de decisiones
- Valor agregado desde los datos
- Retroalimentación

Los anteriores elementos para desarrollar pueden ser aplicados por cualquier organización, empresa o individuo, bien sea comercial y del sector defensa por la dependencia del ciclo de vida de las aeronaves, llevando a determinar herramientas para el análisis de datos.

Herramientas tecnológicas de captura y análisis de datos

La competitividad es a la fecha una obligación de toda organización y a nivel profesional es una disciplina cada vez más exigente. Esto lleva al desarrollo de innovadores métodos y procesos, entre los cuales se articulan diferentes disciplinas que han sido creadas para otros propósitos, pero que es pertinente extrapolar para el aseguramiento de los procesos a través de métodos robustos, aunque con una estructura adecuada para su dinámica operacional. Como ejemplo, está la gestión flexible o esbelta, en la que los autores Korchagin *et al.* (2022) relacionan diecinueve procesos para desarrollar cuatro etapas, con el fin de asegurar el valor agregado dentro de las operaciones que lleven al modelo de madurez del mantenimiento.

Por lo tanto, cada uno de los procesos asociados al mantenimiento son susceptibles de implementación de cada una de las herramientas afines con la gestión de cada uno de los recursos dispuestos para el cumplimiento de las operaciones. En consecuencia, el planteamiento del modelo de planeación basado en la gestión por capacidades debe ampliarse desde la propuesta realizada por el equipo investigador del proyecto de investigación de MinCiencias durante los años 2019 y 2022, relacionado en la **Figura 38**.

Como herramienta para la gestión del mantenimiento basado en capacidades, se plantea el modelo con una estructura sistemática de cinco fases ordenadas con enfoque sistémico, en la que los resultados de un proceso influyen en los subsiguientes. Así mismo, en cada uno de los procesos se establece la oportunidad de crear escenarios para la toma de decisiones en términos de inversión, reparación y compra de repuestos aeronáuticos, lo cual se profundiza más adelante en términos de:

- Planeación estratégica: Considerado factor clave la planeación a diez años, cuatro años y un año.
- Planeación: Considerados como factores clave la calidad de los registros de años anteriores en torno al uso y la demanda de capacidades, la planeación del cronograma de mantenimiento y la proyección de requerimientos imprevistos, así como los elementos consumibles.
- Programación: Considerado como factor clave el cálculo de la cantidad de horas de trabajo requeridas en las variables (mano de obra, maquinaria, instalaciones y equipos, insumos consumibles, procesos).
- Presupuesto: Considerado como factor clave la identificación de la capacidad disponible y asignable, en conjunto con el análisis por escenarios según las políticas.
- Ejecución y control: Considerado como factor clave el registro oportuno y pertinente.

Finalmente, en cuanto a las ventajas del mantenimiento predictivo sobre el preventivo, autores como Ruiz-Sarmiento *et al.* (2020) exponen las pruebas de tipo intrusivo sobre los equipos que realizan el mantenimiento preventivo. Sin embargo, con el uso del análisis de grandes cantidades de datos y el *machine learning*, los análisis de información han logrado convertirse en la herramienta tecnológica ideal para prolongar el ciclo de

vida del activo con herramientas como el gemelo digital. Así, se disminuyen los recursos invertidos en la gestión del mantenimiento. Para el mantenimiento predictivo, las tecnologías que lo componen no son destructivas y con capacidad en tiempo real durante la operación del equipo (Ruiz-Sarmiento *et al.*, 2020).

Mantenimiento basado en condición (*condition based maintenance, CBM*)

En los últimos treinta años, Gaguzis (2009) presenta la evolución de los programas de confiabilidad que han alcanzado el concepto de mantenimiento *on condition*. La industria de la aviación ha avanzado rápidamente con la aplicación de nuevas tecnologías a los programas de mantenimiento, bien sean de *software* para registro, cálculo, análisis y toma de decisiones, basado en la detección de fallas en los componentes, como para hacerles seguimiento de acuerdo con el HUMS del activo, lo cual se empieza a convertir en una de las razones para la renovación de flota aeronáutica y la evolución de las prácticas de mantenimiento.

Actualmente, se requiere personal con habilidades técnicas para remover piezas y componentes, transportar y manipular durante su transporte, y que finalmente sea inspeccionado; esto es, un conjunto de beneficios adquiridos con la plataforma que se ha desarrollado para el producto aeronáutico. De acuerdo con el documento *Effectiveness of Condition Based Maintenance in Army Aviation*, de la academia militar de West Point en Estados Unidos (Gaguzis, 2009), estas nuevas ideas han llevado a repensar los enfoques más antiguos para reemplazar los componentes a ciegas en función de su tiempo de uso.

Modelo de gerenciamiento de mantenimiento

Modelo de Mantenibilidad para la Gestión de Activos Aeronáuticos: La construcción de este modelo tiene como fin aportar la base de una estrategia en gestión de activos. El modelo sigue un proceso lógico de estructuración de eventos, donde cada paso aporta un producto al siguiente paso; esto enriquece el soporte que se le brindará al activo aeronáutico, dando

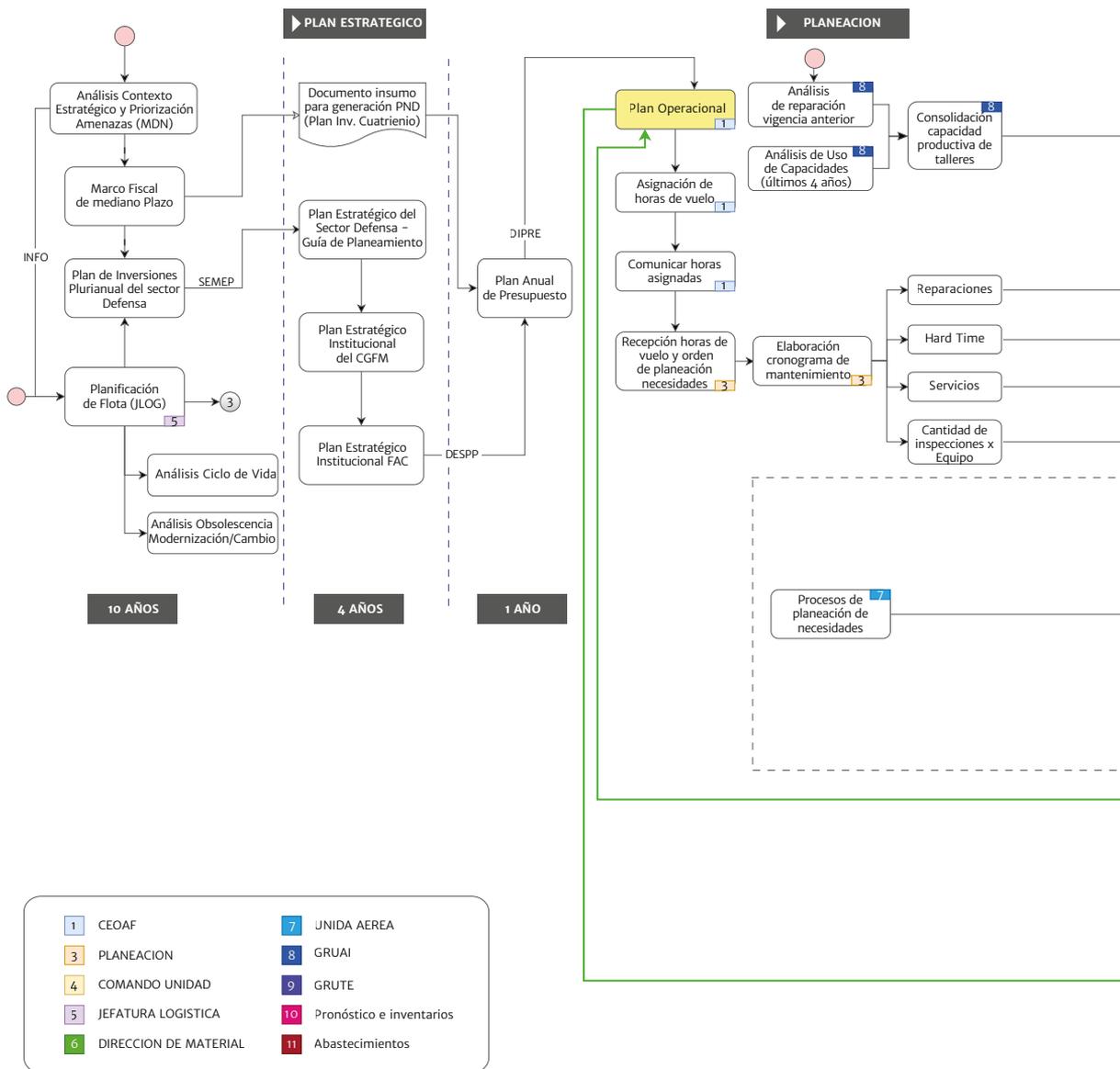


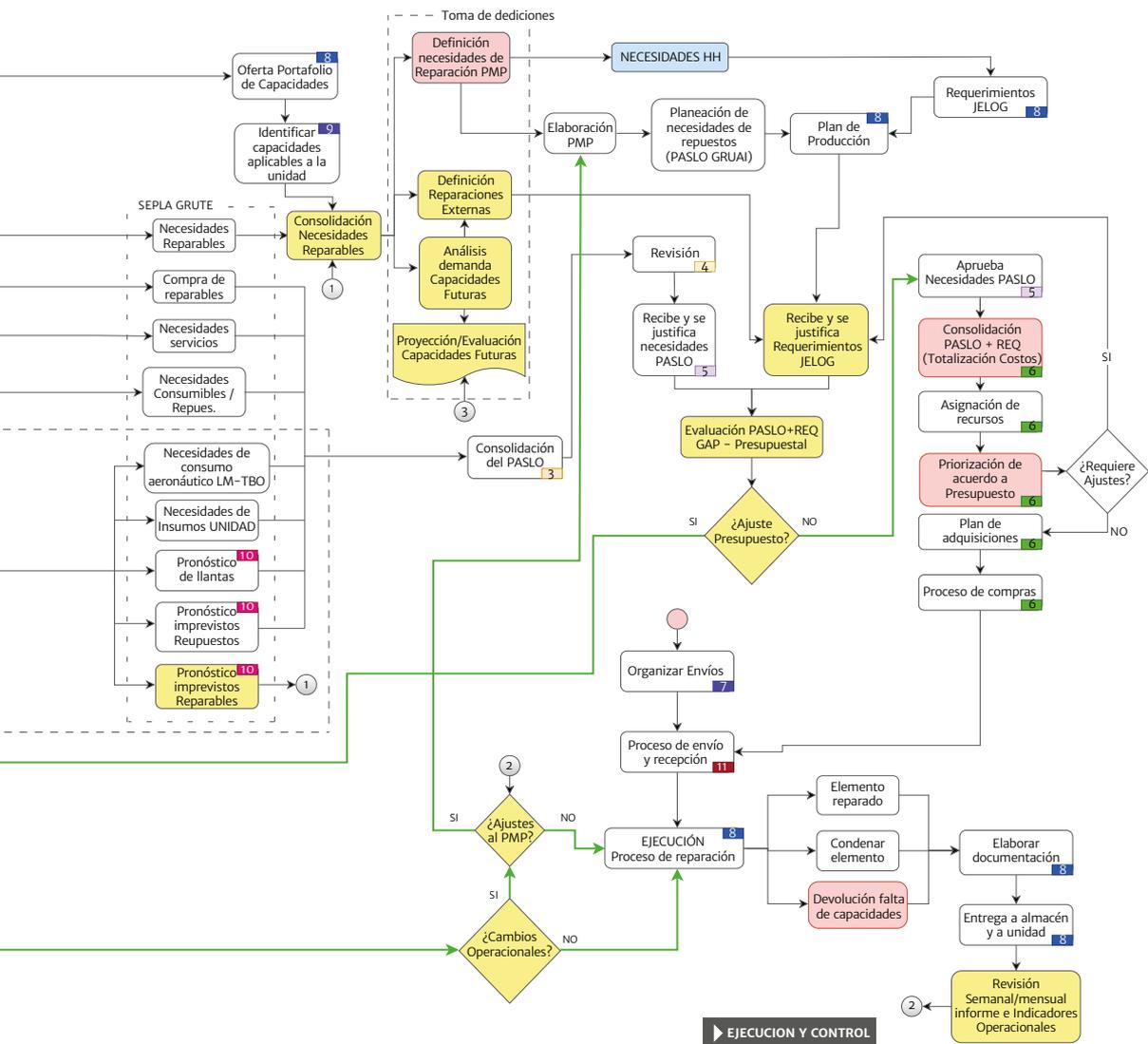
Figura 38. Modelo de planeación basado en la gestión por capacidades de mantenimiento aeronáutico

Fuente: Informe técnico de investigación del Proyecto 75239 de MinCiencias 2019, referenciado por Gómez-Hernández (2022, p. 142).

▶ PLANEACION

▶ PROGRAMACION

▶ PRESUPUESTO



efectivo cumplimiento a las normas, los requisitos, legales, tanto internos como externos y demás actividades que constituyen la construcción de una aeronavegabilidad continuada y segura alrededor de un activo aeronáutico. El modelo lo conforma el proceso de mantenibilidad aeronáutica, que a su vez contendrá seis subprocesos: 1) SP. Estructuración; 2) SP. Planeación 3; SP) Programación; 4) SP. Producción; 5) SP. Ejecución; y 6) SP. Aseguramiento de la Calidad.

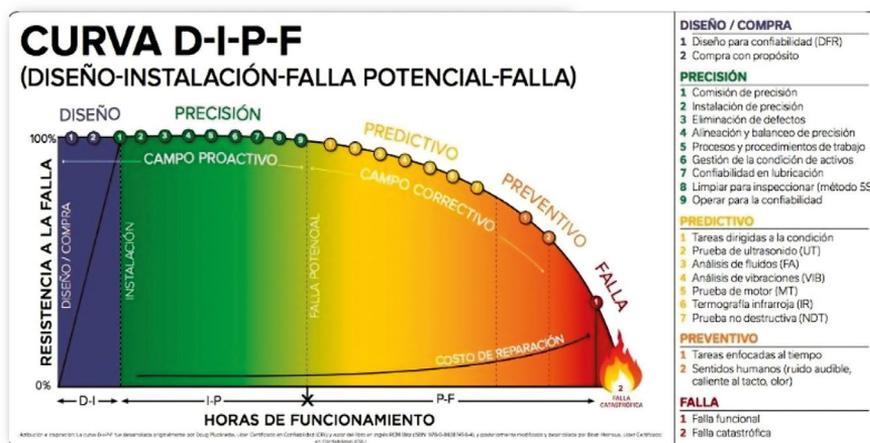
Mantenimiento centrado en la confiabilidad

El CBM es predictivo y se centra en la evaluación de la salud de los componentes, utilizando técnicas de prueba y/o sensores para capturar la información del estado de los componentes antes de que los eventos se vuelvan críticos. Las técnicas de prueba varían ampliamente e incluyen: inspección visual, monitoreo de corrosión, análisis de vibraciones, inspección ultrasónica, monitoreo del sensor, análisis de lubricantes y prueba de corriente Eddy, entre otras formas de análisis (Leoni *et al.*, 2022).

La idea detrás del CBM es evaluar el estado de los sistemas técnicos y/o componentes mediante el monitoreo de su condición, y realizar el mantenimiento solo cuando las fallas sean predecibles. Para el monitoreo de condición, son usadas técnicas como análisis de vibración y análisis de aceite (Salonen, 2009). La **Figura 39** expone la curva D-I-P-F, también conocida como curva de ciclo de vida del activo físico, muestra el proceso de ocurrencia de una falla durante el ciclo de vida de un componente. En ella se puede apreciar cómo el fallo comienza durante el ciclo de vida de un componente y cómo este se deteriora hasta un punto (punto 9 área verde de la figura), a partir del cual puede ser detectado (punto 1 área amarilla de la figura); y a partir de ahí, si no es detectado o corregido, continúa el deterioro hasta llegar al fallo funcional parcial o total del componente. Es relevante identificar dentro de la figura la curva del costo de reparación, en la cual esta se va incrementando a medida que se deja avanzar la falla sin tomar ninguna corrección.

Si se detecta un fallo potencial entre el momento en que aparece la falla y el momento en que el componente deja de funcionar, es posible tomar acciones para evitar consecuencias perjudiciales. Es por eso que se han desarrollado las tareas de CBM con el objetivo de detectar cuándo inicia el fallo

como parte del mantenimiento predictivo. Según Javier García en su tesis de maestría *Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo (RBM)*, este tipo de mantenimiento se basa en dejar en servicio los equipos mientras se recogen valores de los parámetros característicos de su funcionamiento. De tal forma, se trata de prever (mantenimiento predictivo) cuándo el equipo va a fallar a partir de su comportamiento (García, 2004).



PATRONES DE FALLAS



Figura 39. Curva del ciclo de vida del activo físico

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

En el trabajo mencionado, también se afirma que el CBM tiene la ventaja de que las piezas no son reemplazadas o reparadas hasta que sea absolutamente necesario y que el tiempo de parada de producción por mantenimiento es mínimo (García, 2004).

Ventajas del mantenimiento basado en la condición (CBM). El CBM puede ser altamente confiable al permitir a las organizaciones que lo implementan evaluar la condición de los diferentes componentes de la máquina o aeronave mientras esta se encuentra funcionando. Según Esquivel-Villar (2009) entre las ventajas del mantenimiento basado por condición están las siguientes:

- Reduce los tiempos de paradas, ya que a través de esta metodología logra conocerse exactamente qué parte de la máquina es la que falló.
- Facilita el análisis de las fallas y así mismo permite seguir su evolución en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.

Otras ventajas expuestas por diversos autores son:

- Permite prolongar al máximo la vida útil de los equipos y sus componentes, anticipándose a los fallos mediante la vigilancia de algunos de sus parámetros significativos, el correspondiente análisis de datos y el posterior diagnóstico de fallos incipientes (Chen *et al.*, 2022).
- Comparando el mantenimiento correctivo con el basado en condición, se puede reducir el riesgo de fallas catastróficas; y comparado con el preventivo, permite flexibilizar las decisiones y eliminar mantenimientos innecesarios (Martínez-Giraldo, 2014).
- El CBM optimiza al mantenimiento preventivo de manera que determina el momento preciso de cada intervención en los activos industriales (Salomón-Busilacchio, 2016).
- Se enfoca en varios indicadores clave para determinar y predecir la condición de los componentes, con el fin de ayudar mejor a los mantenedores con la previsibilidad y el calendario para el reemplazo del artículo (Gaguzis, 2009).
- Extender la vida útil de los equipos y sus componentes, así como la prevención de fallas catastróficas, a través de un monitoreo continuo, con lo cual se detecta la ocurrencia de un problema mayor y permite parar la máquina antes de que se autodestruya. Los ahorros aquí son obvios: costo de la máquina, posibles lesiones en personal, destrucción de la planta y pérdidas de producción (Herrera Ortega, 2011)

Beneficios	Gastos
<ul style="list-style-type: none"> • Menor gasto en repuestos • Menor gasto en Mano de Obra • Menores costes de almacenaje • Mayor disponibilidad • Menos averías • Menos fallos catastróficos • Menos accidentes • Menor coste de seguro 	<ul style="list-style-type: none"> • Mano de Obra: toma de datos • Tecnología: equipos de medición • Informes: MO especializada

Figura 40. Balance de gastos y beneficios ante la aplicación de la estrategia de mantenimiento predictivo

Fuente: Salomón-Busilacchio (2016).

Cómo valorar la inversión social "Precios Sombra"

La definición de los precios sombra se relaciona con los índices de valor social añadido y se enfoca en demostrar que es posible monetizar el valor social. En este caso, la comparación de la gestión del sector defensa, a través del análisis de precios sombra, propende a establecer una perspectiva diferente, con el propósito de analizar la eficiencia del gasto público, utilizado como la herramienta para determinar el precio máximo a pagar por la institución para evitar una característica no deseada (López y Mendoza, 2022).

Los precios sombra se utilizan para calcular valores intangibles o montos difíciles de cuantificar, a fin de determinar, durante un análisis de costo-beneficio, la conveniencia de realizar una inversión en la gestión pública, con respecto a los valores establecidos en el mercado para este caso. Entonces, si en Colombia se consolida la “relación precio cuenta”, que permite valorar los insumos y productos de un proyecto de inversión en términos sociales” (López y Mendoza, 2022). Por consiguiente, la adopción de un nuevo modelo financiero debería ser contrastado bajo la perspectiva de la contabilidad social.

El indicador de retorno social sobre la inversión brinda la mejor explicación de la rentabilidad social a través de la aplicación de un conjunto de principios para mantener esa coherencia que permita reconocer, al mismo tiempo, que el significado de valor será muy diferente para diversas personas en diferentes situaciones y culturas. En conclusión, debe evaluarse de manera totalmente independiente cada inversión, con base en los impactos sociales (Pava-Rincón, 2022). Un punto clave para definir una evaluación de los precios sombra es identificar un valor financiero de la nación

tangible y calculable, con el cual se pueda generar el análisis de la inversión estatal, así como el retorno de esta a nivel institucional y su efectividad en el impacto social.

Estrategias de fortalecimiento del modelo de mantenimiento

La gestión de activos y su enfoque en la clusterización

En el mundo globalizado, orientar a una organización a obtener la mayor rentabilidad de los activos es una de las premisas de la gerencia del mantenimiento. Así entonces, es prudente abordar los modelos de negocio en la aviación comercial, como lo establece un análisis empírico centrado en las empresas de fletamento aéreo. Los autores Fichert *et al.* (2020) han señalado en su investigación que el 33,8 % de las empresas eran filiales o pertenecían a un grupo de empresas, mientras que el resto, es decir, el 66,2 %, eran empresas individuales. Esto lleva a una de las estrategias de negocio llamada *clusterización*, las empresas analizadas tenían su actividad principal en la prestación de servicios aéreos, es decir, su *core business* se basa en una actividad de servicio. El 43,2 % mencionaron diversos modos de cooperación con otras empresas de aviación comercial, es decir que los autores están relacionando como estrategia de un modelo de negocio separar los esfuerzos empresariales y especializarlos, llevando a la reducción de costos de *stakeholders* y *sponsors*. Algunas de las tácticas mencionadas son realizar alianzas cooperando comercialmente y forjando bloques económicos; y en fletamento de aeronaves, encontramos el denominado modelo de bajo costo, con el arrendamiento de aeronaves a todo costo o parcializando su soporte (Fichert *et al.*, 2020).

La gestión de activos y su enfoque en la servitización

Las empresas de alta tecnología están pasando de vender productos a ofertar complementos entre sus productos y servicios. En la tesis de doctorado del doctor Neil Barnett de la Universidad del Oeste de Inglaterra, se manifiesta el concepto de “servitización” que consolida la nueva tendencia (Barnett *et al.* 2013). Aplicando lo anterior en el contexto organizacional del

sector aeronáutico en Colombia, se ha identificado que con las 32 empresas que han participado en el proyecto de fortalecimiento de encadenamientos productivos, financiado por el Ministerio de Comercio, se puede aprovechar su conocimiento empírico y estandarizar a través de la certificación con la norma AS9100D, que tiene fecha de actualización 2016. El Ministerio de Comercio está orientado a fundamentar en sus resultados que existen las capacidades en proveedores colombianos para el abastecimiento de las necesidades en el sector colombiano. Sin embargo, se observa que en el mismo proyecto se enfoca a productos establecidos en el catálogo de la Asociación Colombiana de Productores Aeroespaciales (Acopaer, 2020).

Como se observa en la **Figura 41**, se relacionan 34 casos de servitización, de los cuales se extraen seis aplicados en el sector transporte y aeronáutico, siendo la tendencia para las empresas cambiar su postura en el objeto o centro de negocio a partir del nuevo milenio, a fin de asegurar la sostenibilidad y la permanencia en el mercado. Entre las empresas u organizaciones a resaltar por su pertinencia en el sector aeronáutico y de defensa en Colombia están American Airlines y el Departamento de Defensa de Estados Unidos al implementar programas PBL.

De acuerdo con los autores Peter *et al.* (2012), del artículo “Demand Chain Management: An Integrative Approach in Automotive Retailing”, que relaciona la importancia de articular el negocio con el enfoque de satisfacer el cliente final, en el análisis que se extrae del modelo de investigación se refiere establecer la estrategia y las políticas para el despliegue del negocio a través de entender al cliente, las actividades del proceso (producto o servicio) y el proceso del costeo. En consecuencia, ocurre la validación de la estrategia de negocio y la planificación del mantenimiento, por lo cual desarrollar enfoques de integrar los recursos, la practicidad en la toma de decisiones y la gestión del riesgo para las contingencias permite establecer las herramientas para el desarrollo de una planeación holística.

Aunque se aborda en el sector automotriz, se reconoce la oportunidad de integración en términos de generar mayor valor corporativo con apoyo de los proveedores del sector aeronáutico. Establecer una planeación sobre ejes transversales y lineales debe ser prioritario para el desarrollo de la dinámica empresarial, y visualizar la importancia de cada etapa del proceso permite establecer medios, recursos, estrategias y políticas para asegurar la sostenibilidad de las operaciones.

En estos tiempos de globalización y/o de empresas internacionales altamente competitivas en los mercados maduros y emergentes, “el foco de las estrategias de los negocios está puesto en el cliente y sus necesidades” (Piña-Domínguez *et al.*, 2018). Las nuevas condiciones de la competencia generan presión sobre las organizaciones, impulsándolas a realizar las adecuaciones necesarias para mantener su competitividad y sostener sus niveles de rentabilidad. Para el caso específico de la FAC como cliente, la estrategia se establece en términos de fortalecimiento en el abastecimiento de repuestos aeronáuticos.

Alianzas estratégicas logísticas

Se toma como base la evaluación de la Corporación Industria Aeronáutica Colombiana (CIAC) como la empresa ancla que puede generar el soporte estratégico (OEM y MRO) para la FAC, durante el proceso de la flota T-27. Castro-Marulanda (2020) ha establecido que, producto del proyecto, se fortaleció la confianza corporativa tanto de la CIAC como de la FAC para asumir retos aeroespaciales de alta complejidad. El desarrollo de proyectos cuyos resultados son visibles en las variables de riesgo, control, tiempos y recursos, aunado con la interacción de un aliado internacional, derivó en un control minucioso de las múltiples tareas y la gestión de las restricciones en tiempo y recursos, lo cual permitía generar estrategias de valor e incursionar en proyectos ambiciosos como la modernización de otras flotas. Como resultado clave, está la curva de aprendizaje basada en la experticia adquirida por miembros de las dos organizaciones, como directivos, gerentes de proyecto y operarios, la noción práctica de lo que significa involucrarse en un esfuerzo interinstitucional altamente exigente. Sin embargo, esta debe mantenerse en el tiempo y asegurando la transferencia del conocimiento, a fin de que las capacidades adquiridas no se pierdan por decisiones no planeadas o inoportunas.

Tener una organización como aliada estratégica y como base de la gestión administrativa del abastecimiento aeronáutico en una entidad del Ministerio de Defensa es fundamental para la modernización de las flotas y su mantenibilidad. Se determina que, derivado del análisis del proyecto de modernización de la flota de aeronaves T-27, puede inferirse que la CIAC incluso supera limitaciones organizativas y comerciales que representan un

riesgo para este propósito. A partir de los resultados observados, se destacan elementos como:

- Soporte logístico (OEM y MRO) para la FAC.
- Fabricación de piezas críticas como los *fittings* para el T-27.
- Mantenimiento y/o reparación de sistemas de estructura y aviónica.

Teniendo en cuenta que cada vez más se reduce el presupuesto de la FAC y la longevidad de la flota, la operación logística de un aliado estratégico es una oportunidad para desarrollar capacidades a través de ventajas competitivas adicionales. Así se ha establecido en la gestión de la cadena de valor extendida y con ello se extiende la vida útil de las aeronaves. Se entiende que, en casos específicos, resulta difícil ejecutar actividades para asegurar la aeronavegabilidad con las mismas casas fabricantes, ya sea por elevados costos, prolongados tiempos de entrega o falta de prioridad, lo cual deja el modelo económico de la flota de las aeronaves en difíciles condiciones, que obligan a la actualización de los análisis de riesgos y a priorizar la inversión en capacidades y el adecuado uso de los recursos.

Vigilancia tecnológica constante

Se dio a conocer que actualmente las entidades más avanzadas utilizan en sus helicópteros un sistema llamado IVHMS (Sistema Integrado de Gestión de la Salud del Vehículo o Integrated Vehicle Health Management System). El IVHMS, según la Federal Aviation Administration (FAA, 2010), es un HUMS de última generación que registra todos los parámetros necesarios para identificar los regímenes de vuelo. El IVHMS realiza funciones como: prueba integrada, diagnóstico mecánico, monitoreo de uso estructural, monitoreo de excedencia, monitoreo del motor, y ajuste y balance del rotor. Así mismo, incorpora un registrador de datos de vuelo (CVFDR) de *cockpit voice* de sobrevivencia (FAA, 2010).

De acuerdo con lo expresado por el inspector CW3 A. Rodríguez, oficial, se observa que el sistema de monitoreo y salud que emplea el ARMY ha sido integrado a la estructura funcional de mantenimiento de la entidad, dado que existen cargos y áreas cuyas funciones (de manera permanente) se encargan de monitorear, consolidar, evaluar y analizar la información

que está entregando el sistema acerca de los helicópteros, lo cual permite recomendar acciones eficientes de mantenimiento a realizar.

En cuanto a las ventajas que aporta el sistema, en la entrevista nos mencionaron que las inspecciones de mantenimiento son más rápidas y sencillas, que el sistema ayuda a detectar una posible fisura o daño antes de que el componente se dañe o se rompa completamente, y que ayuda a ahorrar tiempo por factor mantenimiento y en los vuelos de prueba cuando permite que el helicóptero entre en balance más rápido. En cuanto a las desventajas del sistema, en la entrevista se observan dos principalmente: que requiere un alto entrenamiento y conocimiento, y que requiere mantenibilidad y constantes calibraciones.

Por último, como ha sido el interés a través de todo el trabajo de investigación, se identificó el impacto del sistema hacia los factores de confiabilidad, disponibilidad, seguridad y costos. Para ello, con una perspectiva cualitativa, se le preguntó al entrevistado si consideraba positivo o negativo el impacto del sistema en cada uno de estos factores. A su vez, de acuerdo con el entrevistado, el sistema empleado en el ARMY tiene un alto impacto positivo hacia la disponibilidad de la flota (helicópteros), siendo este el factor en el cual más se contribuye, seguido de la confiabilidad, los costos y la seguridad.

Casos de éxito

Con base en la investigación desarrollada por Castro-Marulanda (2020), en el contexto internacional se relacionan países como Brasil, España y Estados Unidos a modo de ejemplos que evidencian ventajas competitivas y el valor agregado que un aliado industrial puede imprimir a las Fuerzas Armadas. Así mismo, se toma como beneficio de reconocimiento comercial que potencia su capacidad corporativa y sirve de plataforma para el posicionamiento internacional del aliado seleccionado. Para ello, los objetivos de las alianzas estratégicas deben estar alineados con la política de seguridad y defensa del Estado y al mismo tiempo con proyectos ambiciosos de comercialización de la marca país en la región. Proyectos de fabricación como la aeronave Calima T-90, de modernización de la flota Tucano T-27 y de innovación han representado un crecimiento en infraestructura, equipos y herramientas, pero también un incremento en la capacidad tecnológica

operativa del recurso humano y de mayor nivel de calidad de los procesos logísticos, entre los que se destacan:

- La rigurosidad de los estudios de mercado.
- La eficacia en la compra y el suministro de repuestos aeronáuticos a precios competitivos.
- El manejo integral de operaciones de exportación e importación de mercancías.

La generación de capacidades de fabricación y mantenimiento comprende múltiples actores de diversa naturaleza, regulados por entidades de orden estratégico nacional enfocados en campos de interés específico. El dominio de la normativa y la interacción entre los diferentes actores de la cadena logística proporcionan las bases para construir y proyectar el alcance y la naturaleza de las líneas de negocio regionales y globales. Así entonces, como aliados estratégicos deberán trabajar mancomunadamente con el fin de lograr homologar los procesos certificados por la Oficina de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD), ante la Autoridad Reguladora de la Aviación Civil en Colombia, lo cual permite que trasciendan proyectos de la Aviación de Estado a la Aviación Civil.

Conclusiones del capítulo

Se considera como un precepto que la planeación a largo plazo es una base de la estrategia, lo que muchos realizan basados en concepciones cualitativas e intereses visionarios, a razón del desconocimiento de metodologías para proyectar cada una de ellas con el enfoque de productividad. En consecuencia, cada planeador estratégico debe tener en cuenta que las metodologías son la base del método, es decir, el paso a paso que se ha de desarrollar para el cumplimiento de la estrategia. Así entonces, se valida el principio de la evaluación de los gastos de la gestión frente a una ponderación de rendimientos. En principio, para organizaciones del sector defensa, deben estandarizarse los rendimientos en términos de los precios sombra. La teoría tiene la base, pero el impacto real debe cuantificarse por un panel interdisciplinario de expertos, que como propuesta debe complementarse

con la disciplina militar, de administración pública, económica, ambiental, política, legal y de ciencias humanas.

La madurez organizacional es un estado en el que se busca la mejora continua, siguiendo un conjunto de buenas prácticas basadas en los componentes de la logística presentados en la **Figura 12** y a través de una planeación estratégica con enfoque de sostenibilidad de la productividad. Los axiomas descubiertos están para el desarrollo de la mejora continua, entre ellos el concepto de valor corporativo basado en el centro de negocio, en un estándar de excelencia operacional, modelo de gerenciamiento con herramientas y técnicas estandarizadas. Para el caso del mantenimiento aeronáutico, lo anterior se ha plasmado en los tipos de mantenimiento, en las filosofías y en las estrategias para el desarrollo de servicios adicionales al producto principal, lo cual se alinea con un modelo de gerenciamiento de mantenimiento basado en confiabilidad técnica y operacional.

Quantificar los beneficios lleva a fundamentar la base de la selección y toma de decisión operacional, y proyectar el impacto de la misión institucional refleja la importancia de cualquier organización. En consecuencia, la planificación de las operaciones debe ser productiva, sostenible, medible y susceptible de mejora a través de buenas prácticas del referente con mayor desarrollo en la temática. Se encuentra que ninguna metodología cumple con diferentes niveles de gestión, y se valida a través de la inferenciación del autor que lo estratégico se enfoca en la planeación, la gestión y el control. Queda a nivel táctico la ejecución, por lo cual quienes desarrollan la táctica difícilmente proyectarán la importancia estratégica de la sostenibilidad de una capacidad. Así entonces, tomar como cimiento un sistema estandarizado que dé cumplimiento a los factores clave mencionados ampliará la necesidad de valorar la inferenciación basada en los indicadores ya establecidos para cada uno de los ejes temáticos, de manera independiente y grupal.

Referencias

- Asociación Colombiana de Productores Aeroespaciales (Acopaer). (2020). *Catálogo capacidades industriales de las empresas del programa encadenamientos productivos*. <https://tinyurl.com/4u5pxdcv>
- Álvarez-Jurado, L. A. (2020). *Modelo gerencial de soporte al enfoque en gestión de activos aeronáuticos, para el GRUTE-93 del Comando Aéreo de Mantenimiento de la FAC* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).
- Asociación de Ingenieros Papeleros de Finlandia. (2009). *Process and Maintenance Management* (2.ª ed.). University of Oulu. <https://tinyurl.com/rhjprvfk>
- Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado (AAAE). (2020). *RACAE 43 Mantenimiento*. <https://tinyurl.com/abtakxw6>
- Barnett, N., Parry, G., Saad, M., Newnes, L.B. y Goh, Y.M. (2013). Servitization: Is a Paradigm Shift in the Business Model and Service Enterprise Required?, *Strategic Change*, 6(3-4), 145-156. <https://tinyurl.com/55p6jup8>
- Bernal-Torres, U. S. (2016). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (4.ª ed.). Pearson Educación.
- Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., Wuest, T. y Stahre, J. (2020). Smart Maintenance: A Research Agenda for Industrial Maintenance Management. *International Journal of Production Economics*, 224. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107547>
- Borca, C. y Baesu, V. (2014). A Possible Managerial Approach for Internal Organizational Communication Characterization. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, 124, 496-503. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.512>
- Buendía, L., Colás, P. y Hernández, F. (1998). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. McGraw-Hill.
- Caro-Rincón, M. F. (2021). *Modelo de gestión de abastecimiento basado en confiabilidad para la Flota ART de la FAC* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).
- Casanova i Villanueva, A. y Cuatrecasas, L. (2015). *Logística integral: lean supply chain management*. Profit Editorial.

- Castro-Marulanda, E. S. (2020). *Evaluación de CIAC como soporte estratégico (OEM y MRO) de la Fuerza Aérea Colombiana. Caso T-27* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).
- Chacón-Torres, J. F. (2020). *Modelo de gestión de abastecimiento para la Flota A-29, mediante la implementación de cantidad económica de pedido* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana). Repositorio institucional EPFAC. <https://tinyurl.com/34962am2>
- Chang, H. Y., Thomson, J. A. y Chen, X. (2013). Microarray Analysis of Stem Cells and Differentiation. R. Lanza y A. Atala (eds.), *Handbook of Stem Cells* (pp. 399-407). Elsevier.
- Chapman, S. N. (2013). *Planeación y control de producción*. Pearson Educación.
- Chen, B., Chen, X., Chen, F., Zhou, B., Xiao, W., Fu, W. y Li, G. (2022). Integrated Early Fault Diagnosis Method Based On Direct Fast Iterative Filtering Decomposition and Effective Weighted Sparseness Kurtosis to Rolling Bearings. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.108897>
- Corredor-Polanía, C. A. (2019). *Propuesta de un protocolo técnico para la estimación de nivel de obsolescencia y vida útil remanente de las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana). Repositorio institucional EPFAC. <https://tinyurl.com/bddr5326>
- Presidencia de la República. Decreto 1499 del 2017. Por medio del cual se modifica el Decreto número 1083 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Función Pública, en lo relacionado con el Sistema de Gestión establecido en el artículo 133 de la Ley 1753 de 2015. Septiembre 11 de 2017). *Diario Oficial* 50.353.
- Doerr, J. E. (2018). *Mide lo que importa. Cómo Google Bono y la Fundación Gates cambian el mundo con OKRS*. Penguin Random House.
- Edge, J. (2019). *Lean. La guía definitiva para Lean Six Sigma, Lean Enterprise y Lean Manufacturing + Lean Analytics: la forma ágil de construir un inicio superior utilizando ciencia de datos* (2.ª ed.). Bravex Publications.
- Esquivel-Villar, J. (2009). *Metodología para la detección y prevención de fallas en equipos industriales de producción* (tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio institucional UNAM. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000651457>
- Federal Aviation Administration (FAA). (2010). Health and Usage Monitoring System Functional Assessment — Goodrich Health and Usage Management System. DOT/FAA/AR-09/38. <https://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/ar0938.pdf>
- Fichert, F., Kirschnerová, I. y Tomová, A. (2020). Business Models in Business Aviation – An Empirical Analysis with a Focus on Air Charter Companies. *Research in Transportation Economics*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2019.100794>

- Fierro-Torres, C. Á., Castillo Pérez, V. H. y Torres-Saucedo, C. I. (2022). Análisis comparativo de modelos tradicionales y modernos para pronóstico de la demanda: enfoques y características. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(24). <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1203>
- Forero-Restrepo, S. A. (2020). *Estandarización de procesos de certificación para partes aeronáuticas en cumplimiento de normas internacionales enfocados a desarrollar proveedores de la Fuerza Aérea Colombiana* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).
- Freund, J., Rücker, B. y Hitpass, B. (2014). *BPMN. Manual de referencia y guía práctica con una introducción a CMMN y DMN* (4.ª ed.). Universidad Técnica Federico Santa María.
- Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2016). *Manual de Mantenimiento Aeronáutico (MAMAE)*. FAC. <https://tinyurl.com/4r8jnnn3>
- Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2020). *Manual de doctrina básica aérea, espacial y ciberespacial (DBAEC)*. <https://tinyurl.com/2mkwmmhu>
- Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2021). *Estrategia para el desarrollo aéreo y espacial de la Fuerza Aérea Colombiana 2042*. <https://tinyurl.com/y2p8jsnn>
- Gaguzis, M. P. (2009). *Effectiveness of Condition-Based Maintenance in Army Aviation* (tesis de maestría, United States Military Academy). Repositorio institucional. <https://tinyurl.com/4n8v25ux>
- García González-Quijano, J. (2004). *Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo (RBM)* (tesis de maestría, Universidad Pontificia Comillas). <https://tinyurl.com/rpxv5jv9>
- George-Reyes, C. E. (2019). Estrategia metodológica para elaborar el estado del arte como un producto de investigación educativa. *Praxis Educativa*, 23(3), 29-32. <https://doi.org/10.19137/praxiseducativa-2019-230307>
- Gómez-Hernández, W. A. (2022). *Caracterización del modelo de planeación presupuestal orientado a la toma de decisiones oportunas y efectivas basado en las capacidades técnicas aeronáuticas de la FAC* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).
- Gómez-Nieto, J. M. y Cote Flórez, C. A. (2011). *Formulación de un plan estratégico de mantenimiento para la Superintendencia de Operaciones Tibú de Ecopetrol S.A. basado en los resultados del diagnóstico de la organización en la gestión de mantenimiento* (tesis de especialización, Universidad Industrial de Santander).
- González-Romero, W. F. (2021). *Modelo de un programa de logística basada en rendimiento (Performance Based Logistics, PBL) aplicado a la contratación y adquisición de componentes para el equipo T-27 Tucano* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).

- Gu, M., Zhang, Y., Li, D. y Huo, B. (2023). The Effect of High-Involvement Human Resource Management Practices on Supply Chain Resilience and Operational Performance. *Journal of Management Science and Engineering*, 8(2), 176-190. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2022.12.001>
- Guerrero-Cusumano, J. L. (2018). Entropy and the Variability of Dependence: System of Profound Knowledge (SPK) and Induced Entropy Copula as a Measure of Variability for Copula Density. *The Online Journal of Applied Knowledge Management*, 6(1), 138-158. [https://doi.org/10.36965/OJAKM.2018.6\(1\)138-158](https://doi.org/10.36965/OJAKM.2018.6(1)138-158)
- Gutiérrez-Pulido, H. y De la Vara-Salazar, R. (2013). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma* (3.ª ed.). McGraw-Hill.
- Gutiérrez-Romero, A. L. y Díaz-Cardales, J. C. (2011). *Diagnóstico y diseño de una estrategia de mantenimiento aplicable en plantas del sector carbonífero* (tesis de especialización, Universidad Tecnológica de Bolívar). Repositorio institucional UTB. <https://tinyurl.com/36u66dhk>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Herrera-Ortega, O. R. (2011). *Diseño de plan de mantenimiento predictivo en los equipos rotativos y eléctricos de las plantas de Dow Química y Americas Styrenics en Cartagena* (tesis de especialización, Universidad Tecnológica de Bolívar). Repositorio institucional UTB. <https://tinyurl.com/4fzp24db>
- Hoyos-Gómez, F. (2019). *Metodología para establecer el nivel de aprovisionamiento del almacén aeronáutico del Comando Aéreo de Combate No. 2* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana). Repositorio institucional EP-FAC. <https://tinyurl.com/4ymssvfa>
- Institute Asset Management. (2015). *Gestión de activos: una anatomía. Versión 3*. <https://theiam.org/media/5615/iam-anatomy-version-4-final.pdf>
- Isaac, J. (2021). *Clúster jerárquico en R*. R Pubs by RStudio. <https://tinyurl.com/swv5xskb>
- Icontec. (2015). *NTC-ISO 9000. Sistemas de Gestión de la Calidad: fundamentos y vocabulario*. <https://tinyurl.com/3uuswa79>
- Jacobs, R. F. y Chase, R. B. (2018). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (15.ª ed.). McGraw Hill.
- Jericó, P. (2007). *No miedo: en la empresa y en la vida*. Alienta Editorial.
- Jia, C., Cai, Y., Tak Yu, Y. y Tse, T. H. (2016). 5W+1H Pattern: A Perspective of Systematic Mapping Studies and a Case Study on Cloud Software Testing. *Journal of Systems and Software*, 116, 206-219. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.01.058>
- Jin, T., Xiang, Y. y Cassady, R. (2013). Understanding Operational Availability in Performance-Based Logistics and Maintenance Services. En: *2013 Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*. IEEE.

- Jones, D. y Womack, J. (2002). *Seeing the whole: Mapping the Extended Value Stream*. Lean Enterprise Institute.
- Kaplan, R. S. y Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating Strategy Into Action*. Harvard Business Review Press.
- Kaplan, R. S. y Norton, D. P. (2021). *Cómo utilizar el cuadro de mando integral: para implantar y gestionar su estrategia*. Planeta.
- Korchagin, A., Deniskin, Y., Pocebneva, I. y Vasilyeva, O. (2022). Lean Maintenance 4.0: Implementation for Aviation Industry. *Transportation Research Procedia*, 63, 1521-1533. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.164>
- Kowalkowski, C., Gebauer, H., Kamp, B. y Parry, G. (2017). Servitization and Deservitization: Overview, Concepts, and Definitions. *Industrial Marketing Management*, 60, 4-10. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.12.007>
- Leohold, S., Engbers, H. y Freitag, M. (2021). Prognostic Methods for Predictive Maintenance: A Generalized Topology. *IFAC-Papers OnLine*, 54(1), 629-634. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.073>
- Leoni, J., Tanelli, M. y Palman, A. (2022). A New Comprehensive Monitoring and Diagnostic Approach for Early Detection of Mechanical Degradation in Helicopter Transmission Systems. *Expert Systems with Applications*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118412>
- Londoño-Gómez, C. D. (2022). *Viabilidad de los proveedores colombianos para reparar componentes aeronáuticos De alta rotación para la Flota SA2-37B de la Fuerza Aérea Colombiana* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).
- López, G. y Mendoza, C. A. (2022). Estimación del tamaño de la economía sombra: evidencia empírica para Ecuador, Perú y Colombia. *Revista Economía y Política*, (36), 139-171. <https://doi.org/10.25097/rep.n36.2022.07>
- Los experimentos.com. (2020, marzo 3). *Como construir un reloj solar*. <https://tinyurl.com/ytw8ek6z>
- Martin-Baker, E. (2016). *The Symphony of Profound Knowledge: W. Edwards Deming's Score for Leading, Performing, and Living in Concert*. iUniverse.
- Martínez-Giraldo, L. A. (2014). *Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional* (tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Repositorio institucional UNAL. <https://tinyurl.com/mr33v73h>
- Matsukawa, H., Jin, G., Wang, J. y Wang, T. (2022). Product Platform Configuration Decision in NPD with Uncertain Demands and Module Options. *International Journal of Production Research*, 6(19), 6336-6355. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2127962>

- Menzel, M.-P. y Fornahl, D. (2007). Cluster Life Cycles — Dimensions and Rationales of Cluster Evolution. *Industrial and Corporate Change*, 19(1), 205–238. <https://doi.org/10.1093/icc/dtp036>
- Hughes-Wilson, J. (2000). *Military Intelligence Blunders*. Da Capo Press.
- Ministerio de Defensa Nacional. (2018). *Guía metodológica de planeamiento por capacidades de mantenimiento aeronáutico*.
- Moen, R. y Norman, C. (2009). *Evolution of the PDCA Cycle*. Proceedings of the 7th ANQ Congress, Tokyo. September 17, 2009. <https://tinyurl.com/2matzbr2>
- Muñoz-Alvear, C. F. y Sorzano-Trejo, L. G. (2017). *Diseño de un sistema de producción y operaciones para la gestión de capacidad en el mantenimiento aeronáutico de corto plazo caso estudio en la flota de aviones Avianca* (tesis de especialización, Universidad Sergio Arboleda). Repositorio institucional USergioArboleda. <https://tinyurl.com/2e83p58r>
- Mutanov, G. (2015). *Mathematical Methods and Models in Economic Planning, Management and Budgeting*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45142-7>
- Nelissen, P. y Van Selm, M. (2008). Surviving Organizational Change: How Management Communication Helps Balance Mixed Feelings. *Corporate Communications: An International Journal*, 13(3), 306–318. <https://doi.org/10.1108/13563280810893670>
- Pava-Rincón, S. M. (2022). *Guía de aplicación del retorno social de la inversión (SROI). Propuesta validada en la empresa Gabrica* (tesis de maestría, Universidad Santo Tomás). Repositorio institucional USTA. <https://tinyurl.com/mw98bjna>
- Pastrana-Collazos, P. D. (2021). *Análisis estratégico del modelo de plan maestro de producción para el Grupo Aéreo Industrial de CAMAN* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana). <https://tinyurl.com/3yc7m6ba>
- Peter, H., Silvi, R. y Bartolini, M. (2012). Demand Chain Management: An Integrative Approach in Automotive Retailing. *Journal of Operations Management*, 20(6), 707–728. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00036-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00036-0)
- Piña-Domínguez, R., León-Balderrama, J. I. y Preciado-Rodríguez, J. M. (2018). Nivel de implementación de la manufactura esbelta en la industria maquiladora de Hermosillo y Guaymas-Empalme, Sonora. *RECAI: Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática*, 7(20), 36–51. <https://tinyurl.com/4sb77pfr>
- Polanco-Soler, Y. E. (2022). *Modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota de helicópteros TH-67* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana). <https://tinyurl.com/5ys5tjk8>
- Porter, M. E. (2010). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Pirámide.
- Project Management Institute. (2022). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge and the Standard for Project Management (PMBOK® Guide)*. <https://tinyurl.com/4v9yhdcpc>

- Tiwari, P., Sadeghi, J. K. y Eseonu, C. (2020). A Sustainable Lean Production Framework with a Case Implementation: Practice-Based View Theory. *Journal of Cleaner Production*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123078>
- Rastegari, A., Salonen, A., Bengtsson, M. y Wiktorsson, M. (2013). *Condition Based Maintenance in Manufacturing Industries: Introducing Current Industrial Practice and Challenges*. 22nd International Conference on Production Research, ICPR 2013. Parana, Brasil, Mälardalen University. July–August 2013. <https://tinyurl.com/ehvdxue>
- Reyes–Picknell, J. V. y Sifonte, J. R. (2017). *Reliability Centered Maintenance — Reengineered: Practical Optimization of the RCM Process with RCM–R*. Productivity Pr.
- Rodríguez–Garzón, V. A. (2022). *Diseño de una herramienta para la adquisición del material aeronautico requerido para la fase de inspección mayor de 2000 hrs del equipo AC-47T* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).
- Rother, M. y Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. The Lean Enterprise Institute.
- Ruiz–Sarmiento, J.–R., Monroy, J., Moreno, F.–Á., Galindo, C., Bonelo, J.–M. y González–Jiménez, J. (2020). A Predictive Model for the Maintenance of industrial Machinery in the Context of Industry 4.0. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.103289>
- Saaty, T. L. (2012). *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World* (3.ª ed.). RWS Publications.
- SAE International. (2009). *Evaluation Criteria for Reliability–Centered Maintenance (RCM) Processes JA1011_200908*. <https://tinyurl.com/55jrj4ku>
- Salomón–Busilacchio, F. N. (2016). *Desarrollo de un plan de mantenimiento predictivo en una fábrica aeronáutica* (trabajo de grado, Universidad Nacional de Córdoba). <https://tinyurl.com/42je7czb>
- Salonen, A. (2012). Formulation of Maintenance Strategies: A Simplified Process. *International Journal of COMADEM*, 15(3), 9–18. <https://tinyurl.com/4c3pcbcv>
- Salonen, A. y Deleryd, M. (2011). Cost of Poor Maintenance: A Concept for Maintenance Performance Improvement. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(1), 63–73. <https://doi.org/10.1108/13552511111116259>
- Santos, H. Y. (2019). *Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de monitoreo de uso y salud en los helicópteros UH–60L de la Fuerza Aérea Colombiana* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana). Repositorio institucional EPFAC. <https://tinyurl.com/3z6fyepj>
- Serrano–Gómez, L. y Ortiz–Pimiento, N. R. (2012). Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. *Estudios Gerenciales*, 28(125), 13–22. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(12\)70003-7](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(12)70003-7)

- Silva-Martínez, D. H. (2017). *Rediseño del procedimiento del pronóstico de material aeronáutico requerido para la elaboración del programa anual de soporte logístico (PASLO) en la FAC* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).
- Sotillo-Fraile, S. (2021). *La era de la confianza: cómo convertirse en una empresa Trust-Maker*. ESIC Editorial.
- Sunil, C. y Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación*. Pearson Educación.
- Taherdoost, H. (2017). Decision Making using the Analytic Hierarchy Process (AHP): A Step by Step Approach. *International Journal of Economics and Management Systems*, 2. <https://tinyurl.com/4mbsnc5b>
- Toscano-Pardo, D. (2004). *Valoración de inversiones a través del enfoque de las opciones reales. Aplicación a la industria de celulosa onubense* (trabajo de grado, Universidad de Huelva).
- Tovar-Olmos, J. F. (2021). *Modelo de planeación, seguimiento y control para el mantenimiento programado de 125 horas del equipo T27 basado en las metodologías de gestión de proyectos PERT/CPM, scrum, fast tracking y crashing* (tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana).
- Vera-Rodríguez, H., Arroyo-Chacón, J. I., Uribe-Rodríguez, A. F. y Castellanos-Barreto, J. (2018). Tendencias y tipo de razonamiento ético entre gerentes de los sectores público y privado de Puerto Rico, Colombia y Costa Rica. *Revista de Ciencias Económicas*, 36(2), 73-94. <https://doi.org/10.15517/rce.v36i2.35709>
- Winch, G. M., Brunet, M. y Cao, D. (Eds.). (2023). *Research Handbook on Complex Project Organizing*. Edward Elgar Publishing.
- Zambrano, E., Prieto, A. T. y Castillo, R. (2015). Maintenance Management Indicators in Public Institutions of Higher Education of Cabimas Municipality. *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 17(3), 495-511. <https://tinyurl.com/mrxkpknc>
- Zhao, S., Zhang, Q., Zhanglin, P. y Lu, X. (2022). Product Platform Configuration for Product Families: Module Clustering based on Product Architecture and Manufacturing Process. *Advanced Engineering Informatics*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101622>

Anexos

Anexo 1. Listado de Paginas y proveedores Web Scraping

Beautiful Soup
Octoparse
Import.io
Mozenda
Parsehub
Crawlmonster
Connotate
Common Crawl
Crawly
Content Grabber
Diffbot
Dexi.io
DataScraping.co
Easy Web Extract
FMiner
Scrapy
Helium Scraper
Scrape.it
ScraperWiki
Scrapinghub
Screen-Scraper
Salestools.io
ScrapeHero
UniPath
Web Content Extractor

WebHarvy
Web Scraper.io
Web Sundew
Winautomation
Web Robots

ANEXO 2. Listado plantillas complementarias Capítulo 1

1. Coherencia Investigativa.
2. Redacción de objetivos.
3. Redacción Variables
4. Matriz de referenciación (unión de matriz bibliográfica y matriz de análisis científico)
5. Marco Metodológico
6. Marco Conceptual

Para mayores informes:

Dirección postal

Cra. 11 n.º 102-50 Edificio ESDEGUE, Escuadrón de Investigación
Oficina 411. A.A.110111. Bogotá D.C., Colombia
(601) 2134698 Ext. 72500 - 72625
Correo electrónico: cienciaypoderaereo@epfac.edu.co

Biblioteca Escuela de Postgrados de la FAC

<https://libros.publicacionesfac.com>



**Metodologías aplicadas a la gestión
de la logística aeronáutica** fue compuesto
en caracteres ConduitTC y Merriweather.
Se terminó de imprimir en Bogotá D. C.,
en octubre del 2024.