



**ESCUELA DE
POSTGRADOS**
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

**ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL MODELO DE PLAN MAESTRO DE
PRODUCCIÓN PARA EL GRUPO AEREO INDUSTRIAL DE CAMAN**

MY PAVEL DAVID PASTRANA

Programa de Maestría en Logística Aeronáutica

Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana

Director OD15. Yeisson Alexis Rincon Cuta / Asesor Técnico Alejandro Di Bernardi

Fecha 15 de julio de 2022



**ESCUELA DE
POSTGRADOS**
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

**ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL MODELO DE PLAN MAESTRO DE
PRODUCCIÓN PARA EL GRUPO AEREO INDUSTRIAL DE CAMAN**

MY PAVEL DAVID PASTRANA COLLAZOS

DIRECTOR DE PROYECTO

OD15. Yeisson Alexis Rincon Cuta

ASESOR TÉCNICO

Alejandro DiBernardi

MAESTRÍA EN LOGÍSTICA AERONAÚTICA

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA

COHORTE IV - 2022



DEDICATORIA

El desarrollo de este trabajo y el esfuerzo realizado, están principalmente dedicados a mi familia, amigos y allegados, quienes me han mostrado su apoyo en su desarrollo y me han motivado a avanzar en la proyección de nuevas metodologías en el campo de la logística aeronáutica, lo cual permitirá mejorar los procesos institucionales de la FAC.



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN	8
1.1 ANTECEDENTES	11
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	21
1.5 OBJETIVOS	25
1.5.1 General:	25
1.5.2 Específico 1:	25
1.5.3 Específico 2:	25
1.5.4 Específico 3:	25
1.5.5 Específico 4:	25
1.6 HIPÓTESIS	25
2 CAPÍTULO 2 – MARCO REFERENCIAL.....	26
2.1 MARCO CONCEPTUAL	26
2.1.1 Plan Maestro de Producción	26
2.1.2 Planeación de las Unidades.	26
2.1.3 Capacidad instalada y productiva de CAMAN-GRUAI.....	27
2.1.4 Costos de producción.....	27
2.1.5 Recursos asignados.....	28
2.1.6 Certificación de elementos, componentes y talleres aeronáuticos para la FAC.	28



2.1.7	La medición de la capacidad instalada	29
2.1.8	Reglamento Aeronáutico de Aviación de Estado (RACAE)	30
2.1.9	Reglamento aeronáutico de Colombia (RAC).....	30
2.1.10	Manual de doctrina logística.....	31
2.2	MARCO TEÓRICO	32
2.2.1	Método de mantenimiento productivo total (TPM).....	32
2.2.2	Estrategia	36
2.2.3	Evolución de la Estrategia	39
2.3	ESTADO DEL ARTE	40
2.3.1	Análisis científico documental	40
2.3.2	La Estrategia Directa.	43
2.3.3	La Estrategia Indirecta.....	43
2.3.4	Estrategia de mantenimiento.....	45
2.4	MARCO CONTEXTUAL.....	46
2.4.1	Estrategia de mantenimiento MSG (Maintenance Steering Group)	46
2.4.2	Evolución de la estrategia de mantenimiento aeronáutico.....	47
2.4.3	Confiabilidad en el sector aeronáutico.....	48
2.4.4	Estrategia de relacionamiento de la CIAC.....	48
2.4.5	Avances estrategia de Clusterización en Colombia.....	50
2.5	MARCO SITUACIONAL.....	51
2.5.1	Análisis de variables de la planeación del soporte logístico.....	52



2.5.2	Análisis del instructivo de PASLO.....	55
2.5.3	Conceptos clave vigencia anterior.....	57
2.6	MARCO LEGAL Y NORMATIVO.....	59
2.7	ANÁLISIS DEL MARCO REFERENCIAL.....	61
3	CAPÍTULO 3 – DESARROLLO METODOLÓGICO.....	62
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	62
3.2	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	62
3.3	DEFINICIÓN Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.....	64
3.4	TAMAÑO Y FIABILIDAD DE LA MUESTRA.....	64
3.5	APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS.....	65
4	CAPÍTULO 4 – ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	66
4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	66
4.1.1	Desarrollo del objetivo 1.....	66
4.1.2	Desarrollo del objetivo 2.....	73
4.1.3	Desarrollo del Objetivo 3.....	76
4.1.4	Desarrollo del Objetivo 4:.....	80
4.2	CONTRASTACIÓN DE OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	81
5	CAPÍTULO 5 – CONCLUSIONES.....	82
5.1	CONCLUSIONES GENERALES.....	82
5.2	CONCLUSIONES ESPECIFICAS.....	82
6.	TABLA DE FIGURAS.....	¡Error! Marcador no definido.



7. TABLA DE TABLAS	9
6 Bibliografía	84





TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Cronología de la TRM	12
Figura 2. Montos presupuestales PASLO. (miles de millones).....	15
Figura 3. Comparativo Producción componentes reparados de 2011 a 2015	19
Figura 4. Comparativo Producción componentes reparados de 2016 a 2019	20
Figura 5. Los 8 pilares del TPM.....	33
Figura 6. Mapa Estado del Arte General "Estrategia-Capacidad-Aviación"	41
Figura 7. Relación de autores de Strategy-Capability-Aviación	42
Figura 8. Identificación del alcance de estudio aplicado a la gestión por capacidades.....	43
Figura 9. Factores para considerar en el Mantenimiento por Excelencia.....	45
Figura 10. Modelo de Relacionamiento CIAC.....	49
Figura 11. Comportamiento de la cantidad de ítems comprados vs. recursos asignados por PASLO.	55
Figura 12. Capacidades GRUAI 2017 -2019	67
Figura 13. Ahorro institucional taller TCOC 2017-2019	69
Figura 14. Ahorro en tiempo de entrega del TCOC	70
Figura 15. Impacto de ahorro en Mantenimiento Nivel III en el taller de controles de combustible T53	71
Figura 16. Ahorro institucional taller servos 2017-2019.....	71
Figura 17. Ahorro institucional taller eléctricos generadores 2017-2019	72
Figura 18. Arquitectura del ERP-SAP-SILOG	74
Figura 19. Estructura Funcional del análisis de capacidades	75
Figura 20. Tablero de seguimiento ordenes mantenimiento	79



Figura 21. Distribución PMP 2020-2021 Talleres VS Flotas 80

Figura 22. *Desarrollo del proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MINCIENCIAS....* 81

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Métodos y formas para resolución de conflictos..... 44

Tabla 2. *Talleres de Reparación de la FAC.....* 51

Tabla 3. *Comportamiento de cantidad de personal en el GRUAI de 2012 a 2019* 53

Tabla 4. Transacciones plataforma SAP estudiadas 56

Tabla 5. Relación de conceptos análisis resultados vigencia anterior 58

Tabla 6. Resumen Metodológico para abordar el desarrollo de la investigación..... 63

Tabla 7. *Capacidades por escuadrón GRUAI.....* 68



CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN

El Comando Aéreo de Mantenimiento – CAMAN. ha sido protagonista en momentos cruciales de los conflictos internos y externos participando activamente en el desarrollo social y económico del país, la labor realizada es de resaltar, teniendo en cuenta que es la Unidad más antigua de la Fuerza Aérea Colombiana. Su experiencia en el mantenimiento aeronáutico fortalece y apoya al desarrollo de la aviación militar en el País (Fuerza Aérea Colombiana, 2020); alcanzando un gran desarrollo tecnológico mediante la compra de avanzados equipos de laboratorio, herramientas y bancos de prueba; los cuales permitieron reparar, calibrar y poner a punto las aeronaves y diagnosticar sus estructuras. Igualmente se adquirieron equipos de alta precisión para calibrar con exactitud instrumentos y sistemas.

A partir de 1990, CAMAN ha desarrollado una serie de proyectos tecnológicos importantes, como la modernización de los sistemas de aviónica, entrega de armas y la instalación de los sistemas de reabastecimiento en vuelo a los aviones Mirage M-5 y K-Fir; entre otros de los proyectos que realizó CAMAN fue la conversión de ocho helicópteros UH-1H operacionales por más de 25 años en misiones de orden público, a la versión Huey II, mediante contrato con la CIAC por término de dos años. La capacidad adquirida para reparación y overhall de motores, permite que el CAMAN brinde servicios tanto a la Aviación Militar, como a la comercial (Fuerza Aérea Colombiana, 2019).

La relación estratégica del Grupo Aero Industrial es tan directa con la operación, que debe ser la primera opción en términos de seleccionar los componentes aeronáuticos que se repararán en articulación con la operación de los grupos técnicos de mantenimiento en cada uno de los comandos y grupos aéreos.



ANTECEDENTES

Su estructura organizacional con dos Grupos enfocados al mantenimiento aeronáutico: el Grupo Técnico – GRUTE y el Grupo Aero Industrial - GRUAI. Estos grupos hacen parte de la columna vertebral y la esencia del CAMAN, teniendo en cuenta que la misión de esta Unidad se centra en la reparación de diferentes componentes aeronáuticos y aeronaves (Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana, 2020), sin embargo, por políticas de comando se ha de convertirse en un solo grupo de mantenimiento logístico aeronáutico a partir de la vigencia 2022.

Profundizando en el Grupo Aero industrial – GRUAI, el cual nació como respuesta a una necesaria alianza estratégica de integración de CAMAN y la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana - CIAC, cuyo objetivo principal es el desarrollo de la industria aeronáutica colombiana, esto para impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías y la ampliación de diferentes capacidades de mantenimiento aeronáutico, haciendo que se desarrollen mejoras a nivel administrativo y organizacional dentro de la Unidad, y lo más importante, generando una nueva imagen de CAMAN ante las demás Unidades Militares Aéreas– UMAS y otras Fuerzas Militares – FFMM y de Policía (Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana, 2020).

Se generaron proyectos para maximizar las capacidades del GRUAI, entre estos el “Proyecto PEGASO” y el Centro Nacional de Mantenimiento Conjunto – CNMC, generando nuevas alternativas de desarrollo aeronáutico y aprovechando el talento humano que hay dentro de la FAC (Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana, 2020); en el año 2006, se fortalecieron los servicios de mantenimiento, reparación y apoyo logístico aeronáutico, con el fin de optimizar la gestión y resultados de la aviación en el sector



defensa. Al respecto, se busca ampliar la capacidad actual de los talleres del GRUAI para realizar las diferentes reparaciones componentes del inventario aeronáutico de la Fuerza Pública, el sector gobierno y la aviación en general; así como para impulsar el desarrollo de la industria aeronáutica nacional, por medio del convenio PEGASO (Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana, 2020).

El comportamiento presupuestal del mantenimiento aeronáutico de la Fuerza Aérea Colombiana se basa en el comportamiento de la tasa representativa del mercado, esto en razón al poder adquisitivo en cada una de las vigencias, como se denota en la , lo cual demuestra la necesidad de desarrollar estrategias para mitigar la pérdida del poder adquisitivo, en la disponibilidad de las aeronaves.

, muestra claramente la pérdida de valor adquisitivo en el tiempo, con una tendencia creciente, lo que en el año 2022 se ha visto aún más representativo, incrementando el precio de los combustibles, a tal punto que se debe priorizar las operaciones aéreas tomando como base el corto plazo, lo cual demuestra la necesidad de desarrollar estrategias para mitigar la pérdida del poder adquisitivo, en la disponibilidad de las aeronaves.



Figura 1. Cronología de la TRM



Nota: Se presenta el comportamiento del Dólar en Colombia, desde el año 2015 hasta 2021, proyectando inestabilidad en el mercado. (Banrep, 2022).

Así se relaciona las estrategias de inversión de los últimos años en el mantenimiento, dentro de la Fuerza Aérea Colombiana, y aún más del grupo Aeroindustrial ubicado en el comando aéreo de mantenimiento en Madrid Cundinamarca.

Por otro lado, se formalizó la creación del CNMC, a través del Ministerio de Defensa Nacional y La Fuerza Pública, así se definieron las aeronaves comunes y no comunes; las cuales fueron adquiridas con presupuesto de la Nación de forma definitiva, y fueron donados por instituciones nacionales o convenios de ayuda con otros países; los cuales permitieron la integración, coordinación y control del mantenimiento mayor para los equipos asociados a estas aeronaves de la Fuerza Pública (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 2019).

La estrategia de crear un Plan Maestro de Producción (PMP) conlleva a la concreción de un documento que enumera todo lo que se inspeccionará, reparará y/o fabricará concerniente a componentes aeronáuticos. Por lo tanto, es crucial para el sistema de producción, pues se trata de un método que se encarga de definir las fechas relacionadas con la planeación de los presupuestos y el flujo de materiales, con base en ello la gestión por capacidades es la hoja de ruta clave en el mantenimiento. (ANER Sistemas informáticas, 2020); la importancia del grupo Aeroindustrial no ha sido efectiva, con base en márgenes de impacto operacional, derivado que la estrategia no se toma como prioritaria, así mismo, la falta de una plataforma que consolide la estrategia de economía a escala, derivado que primero se asigna el presupuesto para reparar externamente, siendo la demanda dependiente del PMP, los elementos que no lograron ser asignados a un proveedor externo por temas presupuestales, así mismo, la falta de planeación hace que no se



sincronicen los esfuerzos y que no se evidencie responsables reales, permitiendo que cada comando y grupo, responsabilice a su contraparte en el proceso.

Al analizar los procedimientos establecidos para el proceso del Plan Maestro, se identifican diferentes factores y variables que influyen en el cumplimiento de los objetivos del CAMAN. Estos son:

- La recepción de material aeronáutico a las instalaciones del Centro Logístico de manera inapropiada (la falta de trazabilidad; elementos en condiciones de desgaste excesivo, mal embalados o transportados; elementos enviados en tiempos no planeados, etc.). Por esto, se hace necesaria la modificación de doctrina FAC, mitigando un poco estas novedades (Fuerza Aérea Colombiana, 2016).
- El incremento de los costos logísticos, los cuales se definen como aquellos costos ocultos involucrados cuando se mueven y almacenan materiales y productos desde los proveedores hasta los clientes (Rueda, 2003). Estos son los costos inmersos en las compras de materiales y repuestos aeronáuticos por parte de la Organización, que compra por condición de aeronave en tierra (en inglés: Aircraft on Ground – AOG), lo cual significa pagar hasta diez veces el valor de un producto o componente aeronáutico; por ende, comprar menos. En este caso, debido a que PASLO no genera lo mismo desde el 2015 hasta el 2018, donde los requerimientos eran supeditados a la demanda y no a una planeación. Esto se puede evidenciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se muestra el comportamiento de la cantidad de Ítems comprados vs. Los recursos asignados por PASLO en el CAMAN.



Figura 2. Montos presupuestales PASLO. (miles de millones)

Nota: Se presenta la relación de los datos históricos del presupuesto consumido vs la demanda satisfecha.

El incremento de los costos de transporte y los costos en la distribución de productos terminados, se vieron impactado, aumentando, teniendo en cuenta la variación del precio del dólar, así como se refleja en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.;** asimismo, la actualización permanente de las capacidades de reparación en los diferentes talleres, que obedecen a las necesidades presentadas por las Unidades, hace que el proceso de certificación establecido por la FAC, la Aeronáutica Civil y otros entes reguladores cambien regularmente para el CAMAN.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para abordar la temática del Plan Maestro de Producción en la Fuerza Aérea Colombiana se debe mencionar que existe una plataforma para el manejo de la información asociada al cumplimiento de las condiciones exigidas por los órganos de control, el aplicativo oficial es el ERP SAP que siendo administrado por el Sistema de Información



Logística (SILOG), permite alojar la información de Capacidades que tiene la institución para desarrollar el mantenimiento a los componentes aeronáuticos; sin embargo, la plataforma presenta múltiples novedades entorno a la confiabilidad de la información, a la calidad del dato, al acceso de la información, a la desincronización entre la operación y el registro de información, entre otras, causadas por la inapropiada manipulación del sistema, el desorden de las operaciones y la falta de personal competente en el manejo de la plataforma y consolidación de los soportes del mantenimiento aeronáutico.

La plataforma SAP-SILOG es la fuente de datos en que se registra toda operación de mantenimiento y los recursos requeridos, así como los consumidos en el desarrollo del mantenimiento aeronáutico, sin embargo esta plataforma al ser adquirida en el 2006, tuvo como relación la vinculación de personal que conocía de la operación pero no de su casuística, aunado a esto el comando de la Fuerzas Armadas no desarrollo un adecuado manejo a la parametrización de la plataforma, limitando claramente la gestión de la misma, a hoy evidenciando muchos registros que no son tenidos en cuenta por parte del personal encargado de los grupos técnicos, conllevando a la desarticulación administrativa entre el abastecimiento aeronáutico y la productividad del mantenimiento aeronáutico.

La gestión por capacidades fue proyectada por el Ministerio de defensa Nacional de Colombia en el año 2019 en el documento de planeación por capacidades (Ministerio de defensa Nacional, 2018), por lo cual el SILOG emite en el año 2020 la guía para estandarizar la metodología del manejo de la información como una iniciativa de eficiencia y sostenibilidad en el gasto adelantadas por el Viceministerio para la Estrategia y Planeación a través de la Dirección de Logística (Ministerio de Defensa Nacional, 2020), con lo anterior se establece los parámetros para proyectar las estrategias de mantenimiento



aeronáutico para las flotas de aeronaves de la Fuerza Aérea, con lo que el mantener una estrategia basada en el desarrollo de capacidades internas para el mantenimiento, reparación y fabricación de componentes de nivel II y III, como base para la sostenibilidad operacional, se debe articular el presupuesto asignado al mantenimiento planeado y el mantenimiento imprevisto.

Las necesidades de la demanda de servicios de mantenimiento de los grupos técnicos se encuentra sin una plataforma de control, con lo cual se emiten informes de resultados que son independientes del análisis de uso de capacidades y de presupuestos, generando reprocesos para proyectar el adecuado cronograma de mantenimiento de la flota, y utilizando estrategias como la planeación de requerimientos de mantenimiento enfocado a cada una de las listas de materiales y hojas de ruta para cada fase de mantenimiento, sin embargo, estos últimos deben mantenerse constantemente actualizados.

A partir de estos resultados se genera la planeación y, con ello, se verifica el resultado a través de cada producto entregado, que surge de un requerimiento de una UMA. Estas necesidades de las UMAS nacen del procedimiento establecido por la FAC, mediante el Plan Anual de Soporte Logístico – PASLO, donde se desarrolla un pronóstico y evaluación matemática de los diferentes requerimientos de componentes que se necesitan para mantener un nivel de stock necesario en los almacenes, que cumplan las necesidades de las aeronaves para su adecuada operación. Al respecto, la entrega de componentes reparados depende directamente de la capacidad con la que cuenta en la organización. Y esa capacidad es evaluada a través de documentos emitidos por la FAC y otros por la Aeronáutica Civil Colombiana (Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, 2016)., encontrando factores de estudio como:



- Tiempo de reparación,
- Eficiencia del operario,
- Desperdicios de tiempo en los procesos de reparación,
- Tiempos prolongados por ausencia de un atributo de calidad,
- Frecuencias de reparación de los componentes.

Desde el contexto estratégico se requiere hacer la unificación de la planeación del plan de acción con vigencia de un año, con un rango de tiempo más amplio, se entiende que la Fuerza proyecta en los últimos años su planeación presupuestal con vigencias anuales, sin embargo, las limitaciones de la contratación pública y los requerimientos de la contratación para flotas con amplia longevidad y con la carencia de proveedores por la oferta comercial.

Por lo que se mencionó anteriormente y en específico en el contexto en el que se desarrolla la presente investigación. Vale la pena mencionar que, la producción de componentes reparados se ha disminuido y de aquí nace la importancia de generar una estrategia que dé solución a las dificultades que se puedan estar presentando; esto se relaciona en las Figuras 3 y 4.



Figura 3. Comparativo Producción componentes reparados de 2011 a 2015

Nota: se relaciona la productividad en la reparación de componentes aeronáuticos en el Comando Aéreo de Mantenimiento.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se evidencia un aumento referente a la cantidad de componentes aeronáuticos reparados por el GRUAI desde el 2011 a 2015. Sin embargo, para los años siguientes, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** al tomarse como referencia la anualidad de 01 de marzo a 28 de febrero del año siguiente, el resultado no fue tan satisfactorio como en primera instancia, y los indicadores comenzaron a decaer de manera considerable.

Como consecuencia de esto, se disminuyó la velocidad del flujo normal de la cadena de abastecimiento, lo que produjo una insatisfacción en el servicio. Teniendo en cuenta que se incrementaron los tiempos de mantenimiento programado e imprevisto de las aeronaves, no se cumplió el Plan de Campaña Aéreo que desarrolla la FAC; lo que generó un desperdicio de recursos disponibles que afectan los requerimientos generados por la Nación, y no se puede crear un patrón coherente de prioridades, ni un curso de acción racional.



Figura 4. Comparativo Producción componentes reparados de 2016 a 2019

Nota: se relaciona la cantidad de componentes aeronáuticos reparados en el Comando Aéreo de Mantenimiento durante el periodo 2016 a 2019.

El cambio de políticas y estrategias conforme al mando que asume la unidad, en el caso específico de la vigencia de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.,** donde la estrategia cambio de producir el mantenimiento y servicios a las diferentes unidades desde el GRUAI a contratar la mayor cantidad de reparaciones con proveedores nacionales e internacionales, lo que claramente afecto la productividad y la eficacia en el gasto del soporte logístico.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Como consolidar la integración de la gestión por capacidades con el Plan Maestro De producción del GRUAI como elemento estratégico de las Unidades Militares Aeronáuticas y no solo como segunda opción presupuestal?



JUSTIFICACIÓN

Partiendo de la necesidad de cumplir con la normatividad aeronáutica y la autoridad competente de aviación de estado, en el desarrollo de las competencias de mantenimiento aeronáutico, los cuales deben articularse con los requerimientos del sector civil hasta que se desarrolle la legislación y normatividad de la aviación de estado, el cual ya se vislumbra un avance en el desarrollo del mismo al encontrar en la autoridad aeronáutica de aviación de estado publicaciones ya homologadas del sector civil y alineadas con los estándares de la OACI y LAR; así es como, según la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, (2018) y la autoridad aeronáutica de aviación de estado, se proyectan para articularse entre las exigencias establecidas para cada sector, entorno de las capacidades que pueden ser generadas por las Organizaciones de Mantenimiento Aeronáutico y poder emitir un certificado que demuestre el cumplimiento de los estándares y por lo cual deben poseer un sistema adecuado de gestión de mantenimiento, que las identifique a nivel nacional, regional e internacional, ante las demás empresas del sector aeronáutico.

Mantener la mayor cantidad de capacidades productivas y orientadas a la eficiencia es prioritario para la ejecución presupuestal de la FAC, así como de cualquier organización que requiera de sus capacidades para mantener la disponibilidad de las aeronaves, en este caso la institución debe establecer la estrategia institucional para el desarrollo adecuado de su inversión y por tanto la obtención de los certificados deben estar asociadas a su uso y coordinada con las necesidades operacionales. Estos certificados sirven para aprobar los diferentes trabajos de mantenimiento que se le realizan a los diversos componentes aeronáuticos y aeronaves que garanticen su aeronavegabilidad.



Los requisitos establecidos para su operación están definidos en cada uno de los reglamentos aeronáuticos de aviación de estado, los manuales del fabricante, boletines de emergencia, Mensajes de seguridad y Directivas Aeronáuticas, conformándose en la base de la doctrina para el mantenimiento de las normas; por tanto, la decisión estratégica para el desarrollo de la producción del mantenimiento y la gestión de las necesidades del mismo es la columna vertebral del soporte logístico, siendo claro, el desarrollo de una propuesta que permita validar la importancia que tiene el establecer como estrategia institucional el grupo Aeroindustrial y así optimizar la asignación del gasto presupuestal, permitirá evidenciar la sinergia entre los diferentes sectores, tanto civil como militar, los cuales pueden aportar en el desarrollo operacional de la FAC, en apoyo y no como competencia del CAMAN, así es como la gestión de las capacidades y la definición de la estrategia institucional deben cumplir las condiciones normativas y legales, partiendo de la definición interna de la FAC que se basa en la premisa establecida por el (Ministerio de Defensa Nacional, 2020) para el mantenimiento aeronáutico y en el mensaje técnico 915, en su definición de Capacidad productiva (Fuerza Aérea Colombiana, 2011).

Para la gestión por capacidades se relacionan los atributos de calidad; entre los cuales, se encuentran la Doctrina, Organización, Materiales y Equipos, Personal e Infraestructura, se resalta el cumplimiento de los mismos, los cuales son indispensables dentro de la organización (Fuerza Aérea Colombiana, 2016), al garantizar los requisitos exigidos por los diferentes entes reguladores en el sector aeronáutico, el CAMAN se convierte en la Unidad de la FAC que desarrolla las actividades de mantenimiento con los estándares más altos (Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, 2016), lo cual le permite realizar tareas como:



- Reacondicionamiento,
- Inspección,
- Reemplazo de piezas,
- Rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación

El aseguramiento del cumplimiento de los atributos de calidad le permite a la organización de mantenimiento establecer bases sólidas y amparadas bajo su certificado de funcionamiento, se inicia el proceso para establecer los diferentes modos de planeación de las necesidades para ejecutar el mantenimiento, entre ellos los requerimientos de materiales, los cuales tienen como propósito apoyar las actividades de manufactura, de mantenimiento o de consumo con base en el cumplimiento del plan maestro de producción; los sistemas MRP necesitan listas exactas de materiales de cada producto o proyecto final, las cuales pueden tomar muchas formas, pero es ventajoso visualizarlas como árboles estructurales o en las listas maestras de materiales. (P. Fraser, R. Leenders, DBA, PMAC Fellow, & E. Flynn, 2012).

Con lo anterior es de carácter estratégico el desarrollar la gestión por capacidades entorno a la planeación del mantenimiento, por lo que se resalta la interacción entre cliente y proveedor, siendo el proveedor de servicios de mantenimiento el Grupo Aeroindustrial y el cliente es toda flota de aeronaves de la Fuerza que programe el mantenimiento a ser desarrollado internamente; es por esto que se hace de inminente tanto como importante realizar el plan de producción que fortalezca el impacto operacional derivado de los componentes suministrados por el GRUAI, para la realización de varios procesos que intervienen dentro de la cadena de suministros, donde la logística definirá como la parte del



proceso de suministro que planea, implementa y controla en el flujo y almacenamiento de productos y servicios, así como toda la información relacionada desde el punto en donde se originan hasta el punto donde se consumen, y la forma ideal para mantener la eficiencia al menor costo, en la satisfacción de los requerimientos de los clientes. (Ballesteros Riveros & Ballesteros Silva, 2004).

De esta manera, la consolidación del Plan Maestro de Producción, basado en las necesidades de mantenimiento de diferentes equipos aeronáuticos y diferentes requerimientos de mantenimiento y sostenimiento de aeronaves, de las Unidades Militares Aéreas (UMAS), FFMM, Policía Nacional y otras empresas externas, genera una dinámica complicada en la adquisición de los recursos necesarios para su ejecución. Al respecto, dentro del Grupo Aéreo del CAMAN, si bien se conocen las diferentes capacidades de mantenimiento certificadas en el mismo, se hace compleja la administración y ejecución de los diferentes mantenimientos que posee en su oferta, debido a la dinámica de factores externos de los clientes; además, teniendo en cuenta que el PMP refleja un impacto positivo a nivel institucional y una mejora significativa dentro de la organización, este se convierte en un espacio propicio para invertir más recursos; así que el nivel de cumplimiento del PMP por parte del CAMAN – GRUAI, es satisfactorio para las UMAS, si debido a la gran cantidad de generación de órdenes de mantenimiento realizadas, se da cumplimiento a los diferentes componentes que llegan a la Unidad, lo cual deriva en un impacto positivo operacional, incrementando el nivel de alistamiento de las aeronaves de la FAC, y cumpliendo los diferentes requerimientos que se necesitan.



OBJETIVOS

General:

Determinar la estrategia para articular la estrategia de Gestión por capacidades con el PMP del GRUAI promoviendo la eficiencia del soporte logístico en la reparación de componentes para la sostenibilidad de las operaciones.

Específico 1:

Describir el comportamiento del Plan Maestro de Producción en la FAC.

Específico 2:

Identificar variables que afectan el Plan Maestro de Producción.

Específico 3:

Modelar el proceso de verificación del comportamiento de las variables que conforman el Plan Maestro de Producción requerido para CAMAN.

Específico 4:

Establecer la propuesta de articulación del PMP con la gestión articulada de las capacidades para proyectar su presupuesto.

HIPÓTESIS

Establecer una estrategia articulada entre los grupos técnicos y el grupo Aeroindustrial permitirá consolidar una planeación que conlleve al aumento del impacto operacional del GRUAI, optimizando los recursos presupuestales e impulsando la inversión basada en datos confiables de uso de manera articulada con las capacidades internas de cada GRUTE.



CAPÍTULO 2 – MARCO REFERENCIAL

Desarrollando el análisis documental y la fundamentación teórica de la investigación, se puede contrastar el contexto en el que se desarrollan las necesidades de las diferentes Unidades y la oferta de servicio del grupo Aeroindustrial del CAMAN, lo anterior en el marco del planteamiento del modelo de planeación presupuestal que se está construyendo para la FAC, basado en la gestión por capacidades establecida en el comando aéreo de mantenimiento, con alcance a todas las unidades de la FAC, con necesidades de reparación de componentes aeronáuticos.

MARCO CONCEPTUAL

Plan Maestro de Producción

Herramienta de planeación para los componentes aeronáuticos que requieren ser reparados de manera interna por parte de la Fuerza Aérea Colombiana, así como, es donde se establecen las capacidades para que todas las unidades de la institución identifiquen con las que cuenta la organización, certificadas y así se consolide de manera articulada en una relación cliente proveedor (UMA-GRUAI), las necesidades presupuestales que requiere CAMAN para apoyar con su misión de mantenimiento aeronáutico.

Planeación de las Unidades.

Como se establece en el instructivo de elaboración del, y desde la definición del plan operacional de la Fuerza Aérea Colombiana esta información se debe consolidar en el cronograma de mantenimiento para cada flota y desde su unidad Logística, posteriormente se verifica para la realización de una efectiva gestión, por lo tanto la definición de qué, cuando y cuanto se requiere reparar se incluye en el software ERP-SAP-SILOG, lo cual es



la base de la planeación que se deben cumplir dentro del programa de mantenimiento de cada aeronave, así se proyecta a través del MRP en Excel las necesidades del PMP PASLO (Fuerza Aérea Colombiana, 2019); en consecuencia, donde se identifica cada componente que requiere un tipo de mantenimiento que pueda realizar el CAMAN. Este plan de mantenimiento obedece a todas las estrategias que se siguen para preparar la ejecución del mantenimiento (Fuerza Aérea, 2006).

Capacidad instalada y productiva de CAMAN-GRUAI.

Correspondiente a la capacidad total disponible que tiene la unidad para realizar actividades, este componente se mide a través de diferentes conceptos, los cuales se encuentran resumidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, siendo la unidad de medida Horas de trabajo el estándar para determinar la cantidad de trabajo a desarrollar por el GRUAI y las demás unidades de la FAC, esta verificación corresponde a Personal (Horas Hombre), así mismo con las herramientas, máquinas y bancos (Horas maquina), por último en el caso de la Infraestructura se mide en cantidad de aeronaves que pueden ser ubicadas en el taller; por el nivel de complejidad de los cálculos, para la verificación de la capacidad instalada y productiva, se debe realizar con un estudio detallado de lo que contiene cada proceso logístico de mantenimiento dentro de la FAC, y ejecutado por las diferentes Unidades. Para ello es importante conocer y aplicar las listas de chequeo que hay en el Mensaje Técnico No. 942 del Plan de Calidad Aeronáutico FAC.

Costos de producción

Son todos los rubros que son asignados a cada capacidad, lista maestra, actividad de mantenimiento aeronáutico, basándose en la información registrada en el sistema ERP-



SAP-SILOG, en donde se ha registrado valores con datos históricos, los cuales permiten proyectar valores para el desarrollo de presupuestos, así mismo es la que refleja el valor de cada trabajo que se realiza sobre el componente que requiere su reparación.

Recursos asignados.

A través de un proceso en el cual se establece el anteproyecto presupuestal, el cual consolida todos los requerimientos para el cumplimiento de la demanda de reparación de componentes de todas las unidades de la FAC, la consolidación de los recursos solicitados para la sustentación que se realiza al Líder de la Jefatura Logística, se fundamenta en las necesidades operacionales de la FAC, el cual es el encargado de sustentar ante la Jefatura Administrativa los recursos requeridos para el funcionamiento de los diferentes Grupos técnicos y grupo Aeroindustrial de la FAC.

Certificación de elementos, componentes y talleres aeronáuticos para la FAC.

Para que una organización de mantenimiento aeronáutico (OMA) pueda operar sin ningún inconveniente debe estar certificada por parte de la autoridad aeronáutica de aviación competente, así entonces, se describe que en Colombia existen la autoridad de aviación de estado y autoridad de aviación civil, lo que actualmente exige que la compañía que busque un mercado económico para ser proveedor del sector de estado, debe homologar sus capacidades en el sector civil, y viceversa; así mismo, ya sea dentro o fuera del territorio de un estado participante como lo establecen la (Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, 2018).

El Manual de Mantenimiento Aeronáutico de la (Fuerza Aérea Colombiana, 2016), describe los procedimientos establecidos para el proceso de certificación de elementos,



componentes y talleres aeronáuticos de la FAC, este consiste en que todas las UMAS deberán certificar tanto sus capacidades de inspección, reparación, mantenimiento y fabricación, así como sus instalaciones y personal, en la congruencia de los atributos de calidad definidos en el DOMPI; para que un equipo de mantenimiento aeronáutico realice tareas a las aeronaves o componentes de la FAC, deberá cumplir en su totalidad el proceso de certificación y obtener el Certificado de Funcionamiento (CDF) por la entidad reguladora JOL-DIMAN (Fuerza Aérea Colombiana, 2016).

La medición de la capacidad instalada

Se hace de acuerdo con la última revisión de la forma FAC4-210T, de un GRUTE, GRUAI o ESTEC, y estará aprobada por JELOG-DIMAN a través de la certificación de las más de 2000 capacidades de los diferentes elementos aeronáuticos. De esta manera, cada vez que una Unidad desee adicionar un Elemento Aeronáutico o una nueva capacidad a un elemento ya certificado, la Unidad deberá solicitar a la Dirección de Ingeniería y Mantenimiento Aeronáutico la ampliación de sus certificados de funcionamiento, en concordancia al procedimiento establecido para la certificación, para así programar las fechas de verificación e inspección correspondientes (Fuerza Aérea Colombiana, 2016); el procedimiento para el envío, recibo y tiempos de almacenamiento de productos aeronáuticos utilizados por la FAC.

Según el Manual de Mantenimiento de la Fuerza Aérea Colombiana (2016), el documento que permite que la FAC tenga claridad sobre los productos aeronáuticos que adquiere, teniendo presente políticas internas que se toman de directrices nacionales e internacionales, tiene los siguientes propósitos:



- Dar a conocer las políticas y el procedimiento para la verificación de la trazabilidad técnica en el momento de recibir productos aeronáuticos comprados o reparados en el exterior o en el país.
- Estipular los requerimientos documentales de los componentes y material aeronáutico a ser recibido en la FAC, para ser incluidos dentro de los requisitos contractuales para cumplimiento por parte de los proveedores.
- Definir las responsabilidades y procedimiento para el control, seguimiento y verificación de los tiempos de almacenamiento y Vida Útil.

Reglamento Aeronáutico de Aviación de Estado (RACAE)

El Reglamento Aeronáutico de Colombia parte del principio que Colombia es miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional-OACI, y como tal, debe dar cumplimiento a dicho Convenio Internacional; donde los Estados Parte se comprometieron a colaborar con el fin de lograr el más alto grado de uniformidad en sus reglamentaciones, normas, procedimientos y organización relativos a las aeronaves, personal, aerovías y servicios auxiliares y en todas las cuestiones en que tal uniformidad facilite y mejore la navegación aérea. Para lo cual, la OACI adopta y enmienda las normas, métodos recomendados y procedimientos internacionales correspondientes (Aeronáutica Civil, 2020).

Reglamento aeronáutico de Colombia (RAC).

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil -Aerocivil es la encargada de expedir los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia –RAC. También tiene como finalidad vigilar y controlar el espacio aéreo colombiano y establecer políticas que permitan



garantizar el correcto funcionamiento de la aviación civil bajo principios de seguridad, oportunidad y eficiencia. Dentro de estas políticas se encuentran las normas vigentes de la Aeronáutica Civil de Colombia, las normas generales de aeronavegabilidad, y el mantenimiento tanto a productos aeronáuticos, como a aeronaves. Sus procedimientos están descritos en sus capítulos, en los cuales describen claramente los requisitos que se deben tener para garantizar la aeronavegabilidad de un producto o aeronave (Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, 2018).

Manual de doctrina logística

Se incluyen los principios que la Fuerza Aérea Colombiana aplican con el fin de apoyar la estrategia de la Fuerza Aérea, la cual debe ser receptiva y capaz de satisfacer las necesidades de personal militar, equipo, movilidad, infraestructura y sostenimiento en todo tipo de operaciones aéreas; la logística debe integrar los esfuerzos y el Teatro de Operaciones para movilizar, desplegar, emplear, sostener, reconstituir, redespargar y desmovilizar las aeronaves y equipo necesario para el desarrollo de las Operaciones Aéreas; los principios que guían la planeación, y que se deben tomar de manera objetiva para la ejecución efectiva de los recursos (Fuerza Aérea Colombiana, 2016)., son:

- Oportunidad,
- Sencillez,
- Flexibilidad,
- Economía,
- Capacidad de concreción,
- Capacidad de sostenimiento,
- Seguridad,



- Orden,
- Coordinación, y
- Simplicidad

MARCO TEÓRICO

Método de mantenimiento productivo total (TPM)

Se establece como estrategia liderada por organizaciones de mantenimiento y procesos de fabricación, como parte integral de los equipos de satisfacción al cliente; entendiendo el concepto de filosofía se establece el Mantenimiento Productividad Total (TPM), se considera que cualquier organización de producción puede convertirse en una empresa de clase mundial eliminando seis grandes pérdidas (Sutoni, 2019). Por lo que se menciona en el artículo titulado “Total Productive Maintenance (TPM) Analysis on Lathe Machines using the Overall Equipment Effectiveness Method and Six Big Losses”, los pasos de implementación del TPM para maximizar la efectividad general de los equipos (OEE) en las actividades de fabricación; así mismo, se debaten algunos beneficios, conllevando al aseguramiento de la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas en la cadena logística actual y productiva del GRUAI, eliminando pérdidas de tiempo, productos, personal, equipos, etc. que influyen en los procesos logísticos (Salazar-López, 2018).

El TPM está dividido por 8 pilares, los cuales están relacionados entre sí, y cumplen una función específica, siguiendo el planteamiento de la filosofía, con lo que este método obliga a involucrar a todo el personal de la organización, desde el Gerente hasta el operario. Esto significa que debe existir un alto compromiso de los trabajadores hacia la institución.



Es por eso que cada pilar es indispensable para el éxito de la organización. Los pilares se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y se desarrollan a continuación.



Figura 5. Los 8 pilares del TPM

Nota. Imagen tomada de <https://bsgrupo.com/bs-campus/blog/Los-8-Pilares-del-TPM-1134>

Primer Pilar – Mejoras Enfocadas. En este pilar se brinda la oportunidad de eliminar sistemáticamente las grandes pérdidas ocasionadas con el proceso productivo. Se identificarían los problemas de manera oportuna, utilizando el método Kaizen, el cual ofrece la posibilidad de aprovechar el capital y conseguir mejoras continuas con un mínimo de inversión. De esta forma identificaremos la disposición, la actitud de la gerencia frente al cambio, disposición del personal y valoración del recurso humano (Salazar-López, 2018).

Segundo Pilar – Mantenimiento Autónomo. Aquí es importante reconocer la experiencia del operador, pues es quien conoce el funcionamiento de los equipos y herramientas que se utilizan en el proceso. La compañía debe enfocarse en esta área para desarrollar la capacidad de detectar a tiempo fallas potenciales.

Tercer Pilar – Mantenimiento Planificado. Se encarga de mantener los equipos y herramientas en buenas condiciones, es tener un buen mantenimiento preventivo. Con ello



se logra tener una planeación correcta para mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas. En este pilar propone para el GRUAI, una planeación y cronogramas de mantenimiento muy estricto, para los diferentes equipos y herramientas para que se garantice una actividad de mantenimiento continua (Fuerza Aérea Colombiana, 2016),

La idea del mantenimiento planeado es que el operario diagnostique la falla y la indique con etiquetas de formas, números y colores específicos dentro de la máquina, de forma que cuando el mecánico deba reparar la máquina vaya directo a la falla y la elimine (Hemaracure, 2018).

Cuarto Pilar – Mantenimiento De Calidad. Este pilar no solo se enfoca en el resultado final, sino también en todos los productos que salen dentro del proceso; se analiza cada desperfecto o falla, problema de material, error en el procedimiento o método, o error del personal. No solo se mide la cantidad sino también qué se puede hacer, la capacidad, limitaciones, entre otras.

Para ello el GRUAI debe enfocar sus esfuerzos en garantizar los atributos de calidad y en las listas de chequeo que se plantean en el Plan de Calidad Aeronáutico (PCA), con ello se garantiza que las actividades de mantenimiento se están realizando bajo los estándares establecidos en la doctrina existente. Este tipo de evaluación se realiza bajo unas listas de chequeo descritas bajo la Forma FAC4-203T para el GRUAI. En estas listas los resultados de la evaluación, se describen cada uno de los programas referentes a los procedimientos del mantenimiento, lo cual arroja un valor el cual es evaluado y ponderado bajo los estándares de calidad (Fuerza Aérea Colombiana, 2018).

Quinto Pilar – Prevención del Mantenimiento. Consiste en identificar, planificar e investigar sobre nuevos productos, máquinas o herramientas, que pueden ser utilizadas en



la organización. En este pilar, la organización debe garantizar que los productos reparados o fabricados cuenten con todo lo necesario para su correcto funcionamiento. Cualquier novedad presentada con alguna herramienta o banco, se debe verificar y subsanar de manera inmediata para continuar el proceso de identificación y fabricación (Fuerza Aérea Colombiana, 2014).

Sexto pilar – Actividades de Departamentos Administrativos y de Apoyo. Se basa en analizar las estrategias que se deben impartir a las demás áreas de la organización, se pueden formular estrategias que limiten ciertos gastos de funcionamiento.

Una buena herramienta para optimizar este pilar sería las 5S. La cual se basa en cinco principios: a) Seiri. (Clasificar), b) Seiton. (Orden), c) Seiso. (Limpieza), d) Seiketsu. (Limpieza Estandarizada) y e) Shitsuke. (Disciplina) (Unidad de Medio Ambiente, 2018).

Es importante tenerla en cuenta para cualquier proceso de mejoramiento continuo debido a los cambios que esta produce al interior de toda organización. Se enfoca en un trabajo grupal que integra a todas las personas de la organización, en donde se buscan cambios en el uso adecuado y razonable de los recursos con que se cuenta, notándose una mayor productividad, reduciéndose al máximo la cantidad de productos defectuosos, menos accidentes de trabajo, disminución de inventarios, mejor aprovechamiento de los espacios de trabajo y eliminación de recorridos inútiles (Jiménez-Ruiz, 2012).

Séptimo Pilar – Formación Y Adiestramiento. Debe ser en ambas direcciones, y polivalente, todo depende que requiere la organización. Su objetivo es aumentar las capacidades y habilidades de los empleados, para evitar desperdicios de tiempo y recursos. Se debe tener organizado el plan de adiestramiento para mejorar continuamente los procesos.



Los requisitos de capacitación y adiestramiento, fundamentales para cada tipo de trabajo realizado a cada componente, se encuentran publicados dentro de los lineamientos de la doctrina aeronáutica vigente de cada autoridad aeronáutica a la que aplique (Fuerza Aérea Colombiana, 2017).

Octavo Pilar – Gestión de Seguridad y Entorno. En este pilar, lo importante es mantener un ambiente seguro, realizando un estudio de operatividad combinados con estudios de prevención de accidente. Estudios de tiempos, contaminación, un ambiente trabajo seguro y confortable.

Para ello, el GRUAI debe implementar los programas establecidos en la doctrina FAC, y de cualquier otra autoridad aeronáutica que lo requiera. El SMS resulta una herramienta vital en el desarrollo de todos los temas de seguridad operacional; la cual se define como la reducción de la posibilidad de dañar a las personas o las propiedades, mediante un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos de la seguridad operacional (Organización de Aviación Civil Internacional, 2013).

Estrategia

En el gobierno de Colombia durante la vigencia 2018 a 2022 durante el tiempo del presidente Iván Duque Márquez, se presentó el Pacto por el Crecimiento para la Generación de Empleo del Sector Movimiento (Gobierno de Colombia, 2019), donde la idea es propender por establecer acuerdos públicos-privados para impulsar el crecimiento económico de la nación; en el desarrollo de la consolidación de los mismos se identificaron diferentes carencias de recursos, entre los cuales:



- **Entorno Competitivo [EC]**, entre los que se destaca la variedad de los procesos de certificación de productos aeronáuticos ante la autoridad Aeronáutica de aviación competente y entre entidades certificadoras de los sectores defensa y civil/comercial”, frente al cual se proponen tres planes de acción que se articulan entre la oficina de certificación aeronáutica y un aliado estratégico, preferiblemente un encadenamiento productivo o clúster aeronáutico:

- EC 4-1 Agilizar la implementación de los procesos de homologación de certificación de partes y componentes aeronáuticos.
- EC 4-2 Evaluar el desarrollo de convenios binacionales de reconocimiento entre autoridades aeronáuticas tanto civiles como militares.
- EC 4-3 Fomentar la certificación aeronáutica entre las empresas, para que puedan presentarse como proveedores de la industria a nivel internacional.

Dentro de las mayores limitantes en el desarrollo del sector a diciembre 2021, es el Bajo número de proveedores para nivel de mantenimiento nivel 3 o TIER 3 derivado de los insuficientes soportes de capacidades y carencia de tecnología moderna o muchas veces no competitiva ante las exigencias del sector aeronáutico, por lo cual se ha encontrado el siguiente plan de acción:

- EC 8-1 Explorar fuentes de financiamiento de cooperación internacional para la industria y la renovación de las existentes con el fin de brindar condiciones que permitan la transferencia tecnológica a la infraestructura y al aparato industrial (Gobierno de Colombia, 2019).



Así entonces se encuentra una carencia en el entorno competitivo identificado EC-10: al desarrollar inversiones a través de rubros por offset, sin embargo, estos se encuentran destinados para el desarrollo de la transferencia tecnológica, lo cual hasta la fecha No existe, generando una de las mayores falencias entorno al desarrollo de capacidades de manera articulada con las adquisiciones en el sector de MinDefensa”, con lo cual el gobierno presenta dos planes de acción:

- EC 10-1 Crear una mesa técnica para evaluar la transferencia de los beneficios de los off-set implementados en el sector defensa. (Gobierno de Colombia, 2019, pág. 15).
- EC 10-2 Socializar un plan de compras de partes aeronáuticas para bienes certificados, a cargo del SECAD, (Gobierno de Colombia, 2019, pág. 15).

De acuerdo con los autores (Mintzberg y otros, 1997), en su libro “El proceso estratégico: Conceptos, contextos y casos”, autores como Peter Drucker en 1954 y Alfred Chandler en 1962 fueron de los primeros en incorporar los términos de estrategia militar en la administración de empresas. En especial el señor Drucker plantea la resolución de dos preguntas como elementos clave para el desarrollo de cualquier análisis de competitividad, ¿Cuál es el negocio? y ¿Cuál debería ser?, resaltando que los beneficios reales del proceso se obtienen explotando las oportunidades, no resolviendo problemas” (pág. 465);

Hoskisson et al. (1999) en el artículo *Theory and research in strategic management: Swings of a pendulum*, explican que el estudio de la estrategia ha sido influenciado por diversos enfoques teóricos partiendo de la Economía Industrial, Organizacional, Visión Basada en Recursos y Capacidades, etc., aunque resaltando la importancia del liderazgo y



toma de decisiones como principal recurso, sin embargo la experiencia y dominio de la casuística influyen en la eficacia de las decisiones y metodologías, con lo cual han evolucionado y consolidándose en herramientas cualitativas y cuantitativas según se requiera hoy en día, mediante el uso de nuevas herramientas estadísticas.

Se aborda la influencia de los modelos de madurez de gestión de proyectos en la obra titulada *Proposal of Project Management Methods and Tools Oriented Maturity Model, de los autores* (Kostalova & Tetreva, 2018), en donde se relaciona cada etapa del ciclo de vida del proyecto, para jerarquizar los planes de mejoramiento; la importancia de la relación entre datos históricos y el dominio de la casuística se evidencian en la comparación de 43 modelos, entre los que se destacan *Prince 2 Maturity Model*, *Portfolio*, *P2CMM*, *PMI*; lo anterior con enfoque cualitativo.

Evolución de la Estrategia

En el libro escrito por (Sánchez Hurtado, 2012) se basa en un análisis histórico en donde las variables de estudio se relacionaron con la doctrina del Arte de la Guerra de Sun Tzu de China, lo que el autor sintetiza como “astucia y cálculo”, evolucionando en la edad media con la descripción del pensamiento religioso; a su vez en el lejano oriente el zen japonés propugna que el dominio de las artes marciales dependía de la fortaleza estratégica, en paralelo, Musashi escribió “El libro de los cinco anillos”, aunó sus conocimientos en el arte de la espada y la estrategia que se resumen en 5 manuscritos: la Tierra, el Agua, el Fuego, el Viento y el Vacío; con lo cual se llega a desarrollar el pensamiento estratégico moderno.



ESTADO DEL ARTE

Análisis científico documental

Desde una búsqueda específica utilizando 3 palabras clave como Estrategia, Capacidad y Aviación, se logró consolidar un listado de 6736 fuentes bibliográficas desde la plataforma de Elsevier, ScienceDirect, Ebsco, Repositorio de la biblioteca de la Escuela de postgrados, con lo cual obteniendo la información de investigación desde el sistema bibliográfico, se desarrollaron las siguientes ilustraciones utilizando el software vosviewer: la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** con lo cual se empezó a identificar cuales son los temas en que se encuentran documentos científicos publicados, encontrando que la mayor fuente de información se encuentra en China, así como los temas con mayor relevancia como la sostenibilidad ambiental, cambio climático, aprendizaje profundo, machine learning, administración y control de tráfico, seguridad operacional, optimización y simulación, con muy baja participación de elementos como la estrategia, la innovación y las ventajas competitivas, para esto se realizó el análisis de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, permitiendo definir que existen diferentes clústeres de conocimiento, sin embargo, en la industria prima la confidencialidad y la información restringida.

Concluyendo con los análisis relevantes se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, permitiendo así iniciar con la relación que consolidará la necesidad de información para desarrollar la ventaja competitiva que requiere el GRUAI.

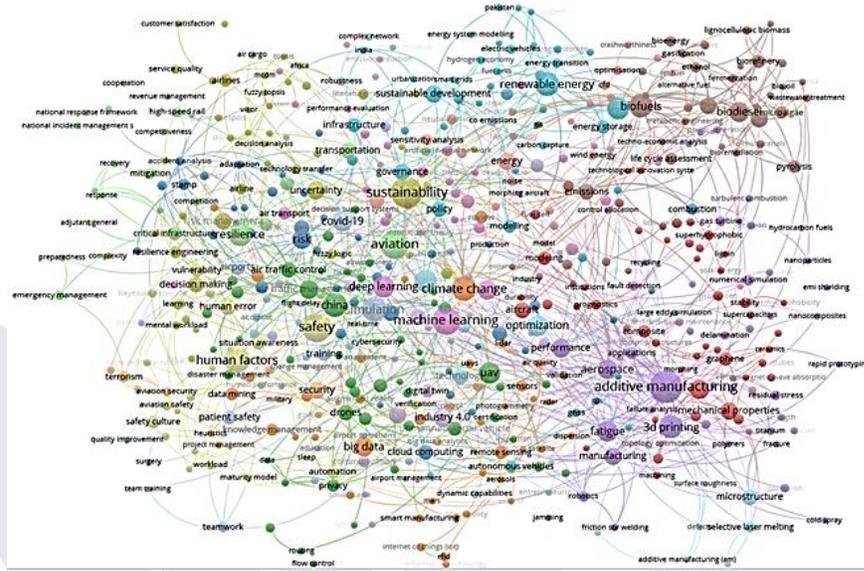


Figura 6. Mapa Estado del Arte General "Estrategia-Capacidad-Aviación"

Nota: Se presenta el consolidado total de documentos científicos relacionados con el sector aeronáutico, entorno a la estrategia y las capacidades.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** permitió hacer un análisis cruzado con las necesidades del GRUAI, consolidando las necesidades de recolección de información, derivado de la escasa información en términos de la gestión por capacidades que se requiere para aumentar el impacto operacional que hasta hoy presenta el grupo Aeroindustrial.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se evidencia que los autores validos en el estado del arte han escrito en promedio la misma cantidad de artículos, sin embargo, se empiezan a consolidar grupos, en donde se citan mutuamente, generándose los grupos de investigación, encontrados en diferentes partes del mundo.

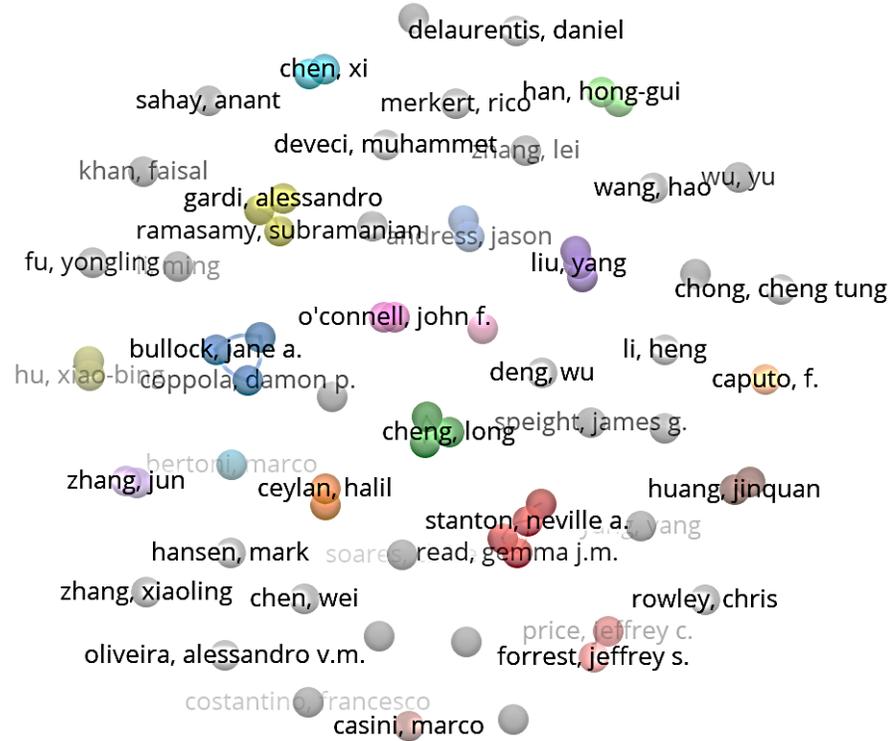


Figura 7. Relación de autores de Strategy-Capability-Aviación

Nota: se relacionan los autores entorno al sector aeronáutico, la estrategia y las capacidades.

Con el análisis anterior se proyecta el alcance final de la investigación tomando como referencia las tres palabras clave como se relaciona en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, con palabras como Estrategia, acompañada de ventaja competitiva e innovación.

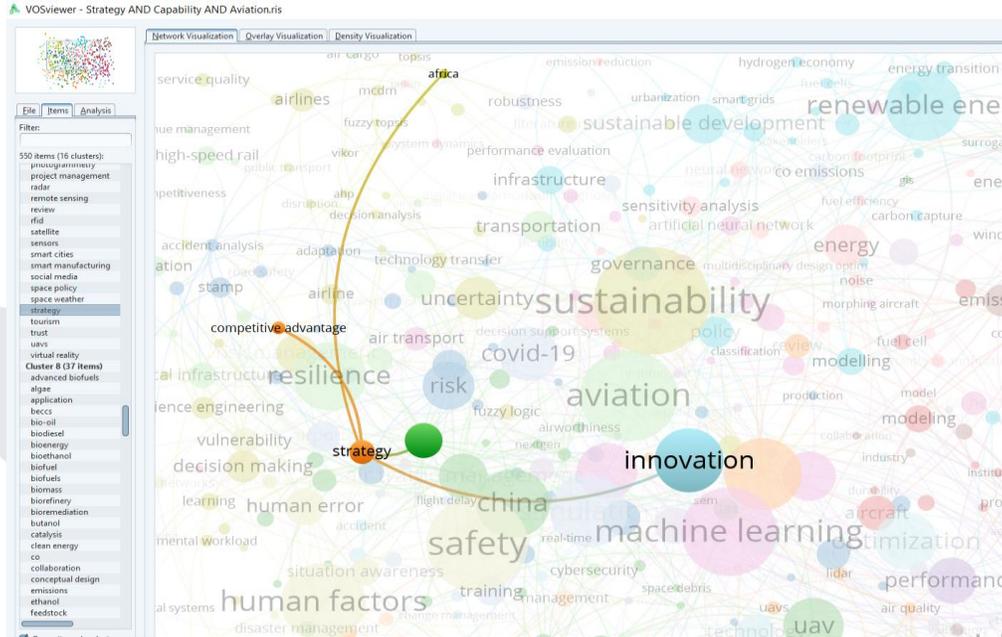


Figura 8. Identificación del alcance de estudio aplicado a la gestión por capacidades

Nota: Se relaciona los tópicos dentro de la investigación, lo que se relacionará con la gestión por capacidades del GRUAI.

La Estrategia Directa.

Es el empleo de la autoridad como herramienta para orientar a través de la Fuerza Aérea Colombiana, la consecución de objetivos deseados, pero sólo es efectiva cuando la superioridad es evidente respecto a las posibilidades de la contraparte, esto significa tener el poder de la ventaja dominante o ventaja competitiva que habla Michael (Porter, 2002).

La Estrategia Indirecta.

Permite alcanzar los resultados con un mínimo de fuerza, a través de alternativas que permitan forzar el cambio de interés en participar en un proceso y que lo hagan desistir de su empeño. Esto requiere una maniobra interior en las capacidades de la contraparte, que busca prolongar la continuidad del negocio, promoviendo la competitividad y sostenibilidad de los actores validos en el ciclo de negocio, en tanto se van logrando los



objetivos; en paralelo, ampliar su libertad de acción con algunos ejemplos se ven en la

Tabla 1. Métodos y formas para resolución de conflictos.

Tabla 1. *Métodos y formas para resolución de conflictos.*

Método	Formas	Medios	Ejemplos
Estrategia Indirecta (Interior /Exterior)	Persuasión (Inducir)	Diplomáticos	Negociaciones directas, congresos, buenos oficios, mediación, arbitraje.
		Jurídicos	Solución jurídica, comisiones internacionales, comisiones mixtas.
		Políticos	ONU, OEA, otros organismos internacionales
Estrategia Directa	Disuasión	Militares	Existencia y posibilidad de empleo
	Coerción (Forzar, impedir, reprimir)	Políticos Económicos Sicosociales	Iniciativa propia, prohibición del uso del espacio aéreo, embargo y boicot, congelamiento de bienes, represalias no armadas, expulsión de diplomáticos, ruptura de relaciones.
Estrategia Directa	Disuasión	Militares	Existencia de amenaza de empleo de fuerza.
	Coerción		Iniciativa propia, bloqueo aéreo y naval, represalia armada, acciones militares limitadas, guerra.

Nota: Departamento Armada - Escuela Superior de Guerra, Díaz et al (2016).



Estrategia de mantenimiento

En el desarrollo del mantenimiento se han establecido diferentes planteamientos orientados a la Flexibilización, Maduración, Gerencia, Gestión, Excelencia, Productividad, entre otros. Como inicio en el relacionamiento de la planeación del mantenimiento, se encuentran los sistemas de excelencia operacional, encontrando el modelo planteado bajo la filosofía Lean Manufacturing de los autores (Smith & Hawkins, 2004), quienes establecieron 10 factores entre los cuales se encuentran el inventario, la base de datos, parámetros de control para disminuir el riesgo y aumentar la eficiencia, la gestión estandarizada en procesos y tareas, personal altamente competente, parámetros de control y una estrategia de planeación de mantenimiento y control de cronogramas de trabajo, como se consolida en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, todo debe integrarse para consolidarse en el modelo de mantenimiento de Excelencia.

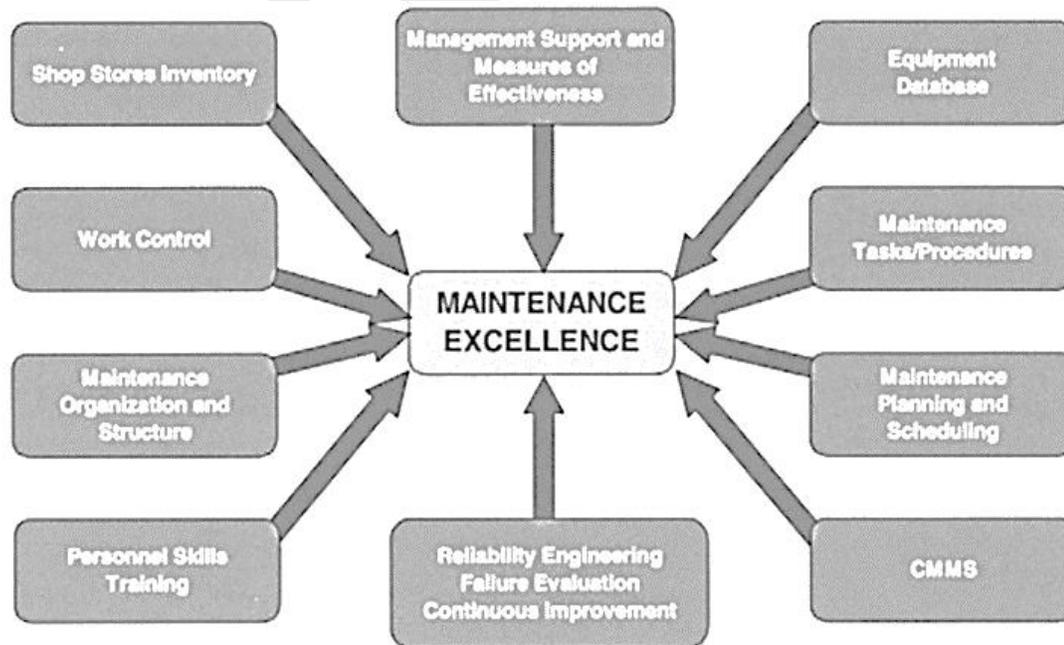


Figura 9. Factores para considerar en el Mantenimiento por Excelencia

Nota: Se relacionan 10 factores de la excelencia para desarrollar el mantenimiento, (Smith & Hawkins, 2004).



MARCO CONTEXTUAL

Dentro del estudio de la gestión por capacidades, se encuentra el análisis por uso que exige evaluar los márgenes presupuestales y con ello empezar a validar la dinámica en la inversión, el propósito es mantener la sostenibilidad de las operaciones aeronáuticas, siendo coherente el planteamiento del SILOG en cuanto al desarrollo de las actividades del mantenimiento aeronáutico, emitiendo el proceso de negocio SLPM – 148 de “*lineamientos para el registro de información de costos de sostenimiento para equipos aeronáuticos en SILOG*”, desde un estudio realizado con el ejército nacional, desde las unidades Batallón de Mantenimiento de Aviación No. 1 (**BAMAV1**) y Centro Nacional de Entrenamiento (**CENAC**) (MINDEFENSA, 2015).

De acuerdo con lo establecido en el numeral 3. Ejecución, Sección D. Misiones Particulares de la Directiva Permanente No.009 de 2018, se seleccionaron las unidades: BAMAV1 de la Aviación del Ejército Nacional y CENAC de Aviación como unidades piloto para adelantar las acciones de revisar y determinar la estructura de costos idónea para el modelo aeronáutico. Como resultado de este ejercicio, se elaboró el proceso de negocio.

Estrategia de mantenimiento MSG (Maintenance Steering Group)

Describir la estrategia de mantenimiento desde la expresión táctica, permite establecer las tareas de mantenimiento que soportan el buen funcionamiento de las aeronaves, a través de protocolos estandarizados ha existido el debido soporte logístico, por lo cual la organización se orienta dependiendo de la estrategia de mantenimiento que posea el fabricante de la aeronave y la organización mantenedora; esto aplicado en la industria aeronáutica justifica el nivel de exigencia en términos técnicos, así mismo en términos



metodológicos se desarrolló el planteamiento del mantenimiento, abordado desde la filosofía del “Maintenance Steering Group” (Federal Aviation Administration, 2012), la cual explica que las compañías que incursionan en el sector aeronáutico a nivel mundial, desarrollan un programa de mantenimiento específico para el mantenimiento de las aeronaves asignadas, por tanto el planteamiento de programas de mantenibilidad aeronáutica se tienen que aprobar por la Administración Federal de Aviación (FAA), en apoyo entre las autoridades y los diversos actores validos de la industria.

El señor Coronel Leonardo (Alvarez Jurado, 2020) menciona en su tesis de maestría que el “10 de julio de 1968 la Asociación de transporte Aéreo, en compañía de la FAA en compañía de la industria sacaron a luz el manual MSG-1 “Evaluación de mantenimiento y desarrollo de programas” con los cuales se permite referenciar a la (Federal Aviation Administration, 2012, pág. 5) el en cual contenía protocolos de mantenimientos programados aplicados en el programa de mantenimiento del Boeing 747-100 (McLoughlin y otros, 2008).

Evolución de la estrategia de mantenimiento aeronáutico

Se registra la actualización de la estrategia mantenimiento basado en el Maintenance Stering Group (MSG-2) el ocho de enero de 1970 con la emisión del modelo de Planificación del programa de mantenimiento de aerolíneas / fabricante, en donde su perspectiva se encuentra basada en la condición de la aeronave, una década posterior cambia de enfoque a la metodología se centra en los efectos de la falla con la divulgación del nuevo programa del Maintenance Stering Group (MSG-3) el cual ha recibido 10 revisiones (McLoughlin y otros, 2008, pág. 3) en las cuales se han obtenido avances en:

Elementos estructurales (Structural Significant Items - SSI).



- Unificación del concepto de Elementos de mantenimiento (Maintenance Significant Items - MSI).
- Se estableció los parámetros de análisis del deterioro ambiental (Environmental Deterioration - ED).
- Se estableció los parámetros de análisis del daño accidental (Accidental Damage – AD).
- La actualización permanente de conceptos como Tolerancia de fallas.

Con los elementos listados anteriormente se consolida la metodología basada en confiabilidad y análisis de degradación, lo que permite orientar los esfuerzos del mantenimiento a una filosofía de cuarta generación del mantenimiento llamada gestión predictiva basada en la condición y desgaste monitoreado.

Confiabilidad en el sector aeronáutico

En el 1978 Stanley Nowlan y Howard Heap de United Airlines, se describieron las herramientas de análisis para las llamadas técnicas de confiabilidad, y su utilización dio forma a Reliability Centered Maintenance (RCM) (Reliabilityweb.com, 2020);

Consolidando la confiabilidad como método de empleo por la FAA, al igual que el sector castrense que normatizo las normas:

- MIL-STD-72 1C “Definitions of terms for Reliability and Maintainability”.
- MIL-STD 75 6B “Reliability Modeling and Prediction”.
- Entre otras normas.

Estrategia de relacionamiento de la CIAC

El modelo estratégico de la CIAC conlleva a la organización a establecerse en el centro del flujo del negocio, convirtiéndose en el filtro entre los proveedores de servicios de



mantenimiento, dando la coherencia normativa y el cumplimiento para salvaguardar la calidad, seguridad y la conectividad entre las partes interesadas, como se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra una relación directa entre las Fuerzas militares extranjeras y nacionales como canales estratégicos diferentes, señalando la importancia de los clústeres aeroespaciales y su relación de las cuatro hélices para el desarrollo competitivo en el sector, estableciendo su importancia en la articulación de actividades con cada uno de los actores intervinientes; orientándose a la prestación de servicios en el sector civil debe coordinar el seguimiento de las actividades de mantenimiento bajo los requerimientos de la AEROCIVIL, logrando en muchos casos diversificar sus capacidades de servicios, a través de una estrategia de fidelización de proveedores, con los cuales se desarrolla una estrategia de desarrollo de capacidades.

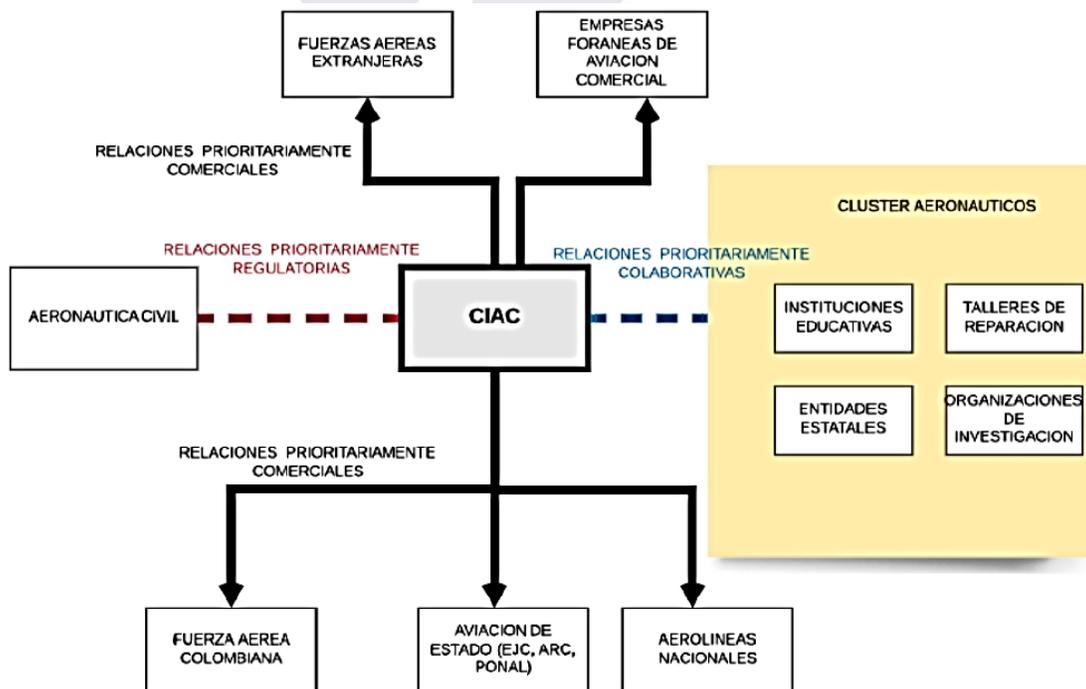


Figura 10. Modelo de Relacionamiento CIAC

Nota: Tomado de (CASTRO MARULANDA, 2020)



Avances estrategia de Clusterización en Colombia

Tomando como base los cuatro clúster aeroespaciales colombianos en desarrollo más visibles en Colombia, se encuentran el Cluster Aeroespacial Colombiano – CAESCOL, Cluster Aeroespacial de Dosquebradas, Asociación Colombiana de productores aeroespaciales (ACOPAER) y el Clúster aeroespacial del Valle, teniendo como base que la mayoría se encuentra incipientes derivados de la escasa sinergia entre el flujo de negocio, sin embargo su ubicación geográfica regional puede ser una pieza estratégica en su consolidación, sin embargo, aún sigue en desarrollo con la oportuna intervención del estado a través de los proyectos de Colombia productiva, en donde se establece el desarrollo de las capacidades de proveedores como pieza fundamental para que la industria cumpla con los parámetros establecidos para el desarrollo del sector; de acuerdo con el libro Iniciativas clúster publicado por impulsa del gobierno de Colombia en el 2018, se establecieron Factores clave de éxito en el desarrollo regional bajo la visión de clúster (INPULSA, 2018), resumidos así:

- Masa crítica en número y agentes
- Cadena de valor y producto propio
- Concentración geográfica
- Demanda no local

Los anteriores, se centran en la consolidación de la especialización del negocio, con lo cual se delimitan las acciones estratégicas de las organizaciones, por lo cual delimitar las actividades en cada actor según sea su especialidad, es relevante para integrar los eslabones



de una cadena productiva que debe fortalecerse con el fin de ser competitiva, entendiendo que es la sinergia entre cada eslabón se vuelve eficiente el desarrollo del sector económico.

MARCO SITUACIONAL

En el desarrollo de la gestión por capacidades en el GRUAI existe un conjunto de talleres con capacidades en continuo proceso de certificación por la sección de ingeniería, responsable de gestionar el estado adecuado de las capacidades para poder utilizarla, por lo que se deben relacionar los talleres aeronáuticos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, así entonces se inicia con el primer dato de entrada de las capacidades, los cuales son el nivel de mantenimiento aeronáutico, con ello se realiza la asignación de las capacidades y la gestión de apoyo presupuestal para cada vigencia.

Tabla 2. Talleres de Reparación de la FAC.

No.	TALLER	NIVEL DE MANTTO	No.	TALLER	NIVEL DE MANTTO
1	TBAL	III	12	TJ85	III
2	TCOC	III	13	TMAQ	III
3	TDIN	III	14	TMAT	II y III
4	TELA	II y III	15	TPE331	II
5	TELE	II y III	16	TPIN	III
6	TELQ	III	17	TPT6	II
7	THEL	III	18	TRAD	III
8	THID	II y III	19	TSER	III
9	TINS	II y III	20	TT53	III
10	TIO3	II	21	TTAP	III
11	TJ69	III			

Nota: Se desarrolla la relación de talleres y su nivel de capacidad.



Análisis de variables de la planeación del soporte logístico.

De acuerdo a la revisión doctrinal de la fuerza aérea colombiana se estableció el instructivo para la elaboración del programa anual de soporte logístico operacional (PASLO), en este se define a través de 32 pasos, por lo que el paso a paso para la planeación, ejecución, seguimiento y control, de las actividades establecidas (Fuerza Aérea Colombiana, 2019), analizando el documento se evidencian los diferentes factores y variables que influyen en el cumplimiento de los objetivos del CAMAN, entendiendo como el Plan Maestro de Producción como una parte integral y estratégica para el buen uso del presupuesto, así es como se determinan factores de estudio como el incremento de los costos de transporte y los costos en la distribución de productos terminados; se evidencia en los registros de la plataforma ERP (Datos históricos de los últimos 10 años) que estos aumentaron teniendo en cuenta una variable importante, sobre la cual se basa la economía nacional, el precio del dólar. La cual se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, asimismo, la actualización permanente de las capacidades de reparación en los diferentes talleres, que obedecen a las necesidades presentadas por las Unidades, hace que el proceso de certificación que debe cumplir lo establecido por parte de la FAC a través del CAMAN y el grupo Aeroindustrial.

Adicionalmente, las novedades en el personal técnico orgánico del GRUAI (los retiros del servicio, traslados a otras UMAS o dependencias internas del CAMAN) han ocasionado pérdida de experiencia, lo cual dificulta el relevo generacional; y genera demora en la reparación de componentes, afectando la capacidad productiva e instalada del GRUAI (Fuerza Aérea Colombiana, 2011). Lo cual se presenta en la



, donde se muestra la pérdida de capacidades y el déficit de personal orgánico del GRUAI entre los años 2012 a 2019; y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** donde se muestra la disminución de horas del personal orgánico del GRUAI vs. un aumento de capacidades en el GRUAI., lo que conlleva a sustentar con base en la casuística del soporte logístico aeronáutico que la gerencia individual de un grupo, un comando o un área, puede quedar relegada ante las necesidades y políticas externas, lo anterior en relación que primero se establece la ejecución presupuestal del grupo técnico de cada unidad, tomando proveedores nacionales e internacionales y por ultimo las capacidades del GRUAI, consolidando como factor estratégico la ejecución presupuestal más que la estrategia de eficiencia en el impacto operacional de todas las unidades incluyendo el comando aéreo de mantenimiento, en consecuencia se consideran como exigencias del cliente; así se permite por parte del autor esbozar la falta de establecer una estrategia para desarrollar una ventaja competitiva desde la estrategia de la FAC.

Tabla 3. Comportamiento de cantidad de personal en el GRUAI de 2012 a 2019

CAMAN - GRUAI	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	TOE 2018	DÉFICIT A 2019
OFICIALES	16	15	15	13	12	13	11	11	19	-8
SUBOFICIALES	79	89	86	77	74	77	68	62	172	-110
CIVILES	50	53	53	51	52	49	48	46	156	-110
TOTAL	145	157	154	141	138	139	127	119	347	228

Nota: se relaciona las cantidades de personal asignado a labores de mantenimiento



En la Fuerza aérea el transporte de activos se define como responsable del mismo al propietario, sin embargo, la manipulación del mismo no está centralizado de la misma forma, encontrando que existen áreas como el GRUTE, ERCLAD, ESCOA, sin establecer doctrinalmente el grado de responsabilidad de cada aérea o personal que intervenga en el tránsito de cada uno de los componentes desde el origen hasta su retorno al cliente, por ello la recepción de material aeronáutico a las instalaciones del Centro Logístico de manera inapropiada, así como la falta de trazabilidad de los elementos en condiciones de desgaste excesivo, mal embalados o transportados, son parte de la dificultad que se tiene para el aumento de reparaciones efectivas a cada unidad solicitante, aunado que la dificultad en el cumplimiento de las horas de vuelo afectan el cumplimiento del cronograma de mantenimiento y con ello se encuentran elementos enviados en tiempos no planeados, así se infiere en la necesidad de una modificación a la doctrina Fuerza Aérea Colombiana, para mitigar el riesgo de repetición de estas novedades. (Fuerza Aérea Colombiana, 2016).

El incremento de los costos logísticos se evidencian marginalmente en la tasa de efectividad y los gastos administrativos que conllevan los reprocesos o demora en el tránsito de los componentes durante su reparación, adicionalmente se definen como aquellos costos ocultos involucrados cuando se mueven y almacenan materiales y productos desde los proveedores hasta los clientes (Rueda, 2003), derivado que el acceso de proveedores se restringe muchas veces por los protocolos de seguridad, y estos son solucionados por actividades logísticas de transporte adicionales de la Fuerza en cada una de las ciudades en donde se encuentren los proveedores; resaltándose así los costos inmersos en las compras de materiales y repuestos aeronáuticos por parte de la Organización, que compra por condición de aeronave en tierra (en inglés: Aircraft on



Ground – AOG), lo cual significa pagar hasta diez veces el valor de un producto o componente aeronáutico; estableciendo una dinámica no articulada a la ejecución presupuestal por economía de escala, por ende, el comprar menos en este caso no genera disminución del gasto, debido que el PASLO no genera el mismo rendimiento desde el 2015 hasta el 2018, donde los requerimientos eran supeditados a la demanda y no a una planeación. Esto se puede evidenciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en el CAMAN.

Figura 11. Comportamiento de la cantidad de ítems comprados vs. recursos asignados por PASLO.

Nota: Correlación de horas hombre vs la productividad de las capacidades, número de elementos reparados.

Análisis del instructivo de PASLO

Para el desarrollo de la planeación del PASLO se determinan los requerimientos de horas de vuelo tomando como factores clave de asignación: el neutralizar amenazas de seguridad y el orden nacionales, así como actividades de apoyo, cooperación y humanitarias, las cuales se consolidan por parte del Comando de Apoyo a la Fuerza a través del CEOAF, con lo cual la Dirección de Material informa a las unidades logísticas de cada flota y al Grupo Aeroindustrial, para proyectar las necesidades de las siguientes dos vigencias, tan solo en el 2022 se proyectaron las necesidades de cuatro vigencias, con ello cada una de las unidades proyecta el cronograma de mantenimiento de las aeronaves, y el GRUAI proyecta el cronograma de mantenimiento basado en la proyección este, para determinar el que y el cuanto recursos requiere para la reparación de componentes aeronáuticos de acuerdo a sus capacidades. (Fuerza Aérea Colombiana, 2019, pág. 1), de lo anterior se infiere que se orientan capacidades a la reparación y recuperación de aeronaves.



En consecuencia los costos asociados a la operación del Plan Maestro de Producción se orientan a componentes que deben cumplir un tiempo para su inspección (TBO de acuerdo a sus siglas en inglés), Carry over, los incluidos en programas de control de corrosión, inspecciones especiales como ensayos no destructivos, así como todos aquellos que por autorización del manual del fabricante sean susceptibles de reparar; lo cual permite proyectar la renovación de las capacidades para las siguientes vigencias, con lo cual se deben articular diferentes secciones como Planeación, pronósticos, abastecimiento e ingeniería del GRUAI, lo que conlleva a la necesidad de actualizar y mantener en constante validación las listas maestras para equipos asignados logísticamente a mantenimiento, con lo cual se utiliza una metodología de planeación de requerimientos de materiales (MRP), con lo cual se realizan los cálculos para los insumos y demás necesidades para la reparación de los componentes. (Fuerza Aérea Colombiana, 2019, pág. 2).

Se valida el número de horas reales voladas en vigencias anteriores para validar mediante pronósticos las cantidades correctas a incluir en el presupuesto, conllevando al pronóstico más cercano a la realidad, esto con ayuda del ERP SAP del sistema de información logístico para las Fuerzas Armadas y la policía, a través la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se evidencia novedades de diligenciamiento, en la no utilización de campos que fueron parametrizados, con lo cual se denota la falta de uniformidad y trazabilidad de la información, así entonces se infiere en que el SAP, puede funcionar como plataforma de almacenamiento y consolidación de informes, pero no para la gestión y control de la producción del mantenimiento aeronáutico.

Tabla 4. *Transacciones plataforma SAP estudiadas*

Nombre	Tipo
---------------	-------------



IA07	Transacción
IK11	Transacción
IK12	Transacción
IR03	Transacción
IW38	Transacción
IW47	Transacción
KP26	Transacción
MB52	Transacción
ME2N	Transacción
ZMB51	Transacción
ZMM_PC	Transacción
ZPM09	Transacción

Nota: se presentan las tablas estudiadas con información relevante para el desarrollo del plan maestro de producción, no se profundiza más campos debido a la restricción de la información.

En conjunto de lo anterior el instructivo relaciona la **ZPM09**, la cual se utiliza para la información del plan de mantenimiento programado; así entonces, en complemento para determinar la demanda total, se utilizan las listas maestras y fases a ejecutar durante el periodo establecido” (Fuerza Aérea Colombiana, 2019, pág. 4), a continuación, se cruza la información con las cantidades en inventario y se proyecta las cantidades a comprar.

Conceptos clave vigencia anterior

Para el análisis de la vigencia anterior, los oficiales encargados de la planeación, fuera de SAP se han especializado en el desarrollo de análisis de manera manual y a través de hojas de cálculo con Excel, lo que genera necesidad de gran cantidad de horas hombre para la consolidación de los análisis entre los cuales se tienen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, esto orientado al desarrollo de análisis para la inversión en capacidades de uso continuo y de demanda requerida para nuevas vigencias.



En el desarrollo de los análisis de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se realiza para determinar los aspectos claves de mejoramiento, estos en términos de porcentaje de cumplimiento de las necesidades proyectadas, sin embargo, estos conceptos que se destinan a construir herramientas de seguimiento, como indicadores y gráficos de control, que ayudan también a proyectar los tiempos y uso de recursos en relación de insumos, servicios a contratar y compras a realizar, para el desarrollo de las capacidades en las instalaciones del grupo Aeroindustrial.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Tabla 5. Relación de conceptos análisis resultados vigencia anterior

CLASE	CONCEPTO
Análisis de reparación vigencia anterior	Cumplimiento de reparación Empleo de la capacidad Tiempo promedio de reparación por capacidad
Consolidación capacidad productiva de talleres	Porcentaje de empleo de mano de obra Costos de mantener capacidad Costo de mantener taller



Oferta	Capacidades certificadas
portafolio de	Capacidades habilitadas
capacidades	Capacidades potenciales
	Utilización de la capacidad
Definición	Cumplimiento de reparación
necesidades de	
reparación PMP	
Proyección de	Tercerización
capacidades	
Definición	Tercerización de capacidad
reparaciones externas	Tercerización de la capacidad vs Requerimientos
	Tiempo promedio de reparación por capacidad
Análisis	Cumplimiento de reparación
demanda capacidades	Tercerización de capacidad
futuras	Tercerización de la capacidad vs Requerimientos
	Tiempo promedio de reparación por capacidad
Análisis	Costos de crear y mantener capacidad
demanda capacidades	
futuras	

Nota: Análisis establecido por el personal científico del proyecto Modelo de planeación presupuestal basado en Capacidades Técnicas Aeronáuticas de la FAC.

MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Para esta investigación, el marco normativo y legal se consolidó con información suministrada en la biblioteca virtual de Fuerza Aérea Colombiana. Al respecto, se establecieron tres documentos, que se revisaron en el contexto para establecer la base de la información a incluir en las herramientas de análisis para mejorar el proceso, siendo los siguientes documentos:



- LA-INS-002 instructivo elaboración plan maestro de producción
- LA-INS-028 CAMAN-GRUAI instructivo para el manejo y control de trabajos realizados en los talleres de apoyo del CAMAN-GRUAI
- LA-INS-073 instructivo mantenimiento programado de los componentes aeronáuticos de la Fuerza Aérea Colombiana.

La reglamentación emitida por los entes reguladores en aeronáutica civil es de difícil control y hacen que estén sujetos a las modificaciones externas de este proceso, por lo que el RAC debe estar en constante revisión para la mejora del proceso.

- Directiva Ministerial N° 015 MDN de 2013: Estandarización de los estatus aeronáuticos y el nivel de alistamiento de las aeronaves de la Fuerza Pública.
- Directiva Ministerial N° 019 MDN de 2014: Recepción de Aeronaves de la Fuerza Pública.
- Directiva permanente N° 024 MDN de 2017: Estandarización de los procedimientos del modelo de mantenimiento aeronáutico en SILOG
- Directiva permanente N° 009 MDN de 2018: Lineamientos para el registro de la información de costos de adquisición, operación y sostenimiento de equipos aeronáuticos en SILOG.
- RACAE 43 el cual establece los parámetros y normatividad asociado a las actividades de mantenimiento.
- RACAE 145 el cual establece los parámetros y normatividad asociado a las organizaciones de mantenimiento aprobadas.



ANÁLISIS DEL MARCO REFERENCIAL

Se denota la importancia de resaltar el desarrollo de la estrategia en el sentido del flujo de negocio y en términos de especialización de las actividades, capacidades que tiene la Fuerza Aérea Colombiana en el Grupo Aeroindustrial, así mismo se requiere establecer el cómo articular las actividades con la estrategia presupuestal, entendiendo que se tiene un aliado estratégico como la CIAC para articular las necesidades con proveedores de la industria nacional, sin embargo, el mayor impacto operacional no debe ser solamente la ejecución presupuestal para la disponibilidad de las aeronaves, sino la adopción del GRUAI como el aliado estratégico de las unidades para desarrollar la mayor operación de reparación de componentes aeronáuticos.



CAPÍTULO 3 – DESARROLLO METODOLÓGICO

TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación de tipo descriptivo como lo establece (Hernandez Sampieri y otros, 2014, pág. 92) consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos, en su complemento se requiere ahondar en el tipo exploratorio el cual se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas, esto a razón de los resultados del marco referencial en el cual se evidencia la escasa investigación en términos del análisis estratégico a la relación directa del GRUAI y su relación productiva en el ciclo de negocio del mantenimiento aeronáutico, desde su perspectiva del PMP.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se detalla los métodos utilizados para el desarrollo del paso a paso, entre ellos el análisis histórico de datos, que permite evidenciar el comportamiento históricos de variables como las capacidades, la capacidad adquisitiva para el abastecimiento aeronáutico, estado de las capacidades y con ello evaluar la estrategia de mantenimiento y como desde el GRUAI se articula las capacidades institucionales para el desarrollo de las actividades de reparación de componentes aeronáuticos y se puede optimizar la ejecución presupuestal.

ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Partiendo de las variables establecidas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el análisis de datos a través del uso de estadística es importante, para establecer parámetros como el uso y proyección de capacidades de reparación de cada uno de los talleres aeronáuticos, entre los cuales se presentan 21 clases diferentes relacionados



en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, así entonces, se desarrolla el análisis de uso de capacidades el cual se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde el primer análisis se asocia a la demanda real de las capacidades utilizadas en la vigencia anterior.

Tabla 6. Resumen Metodológico para abordar el desarrollo de la investigación.

OBJETIVO	METODOLOGIA			HERRAMIENTAS	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	ESTADOS VARIABLE
	TIPO	ENFOQUE	METODO O TÉCNICA			
Describir el comportamiento del Plan Maestro de Producción en la FAC.	Descriptiva - Exploratoria	Mixto	Análisis de datos históricos de producción	Bases de datos de Capacidades	Capacidades de reparación Demanda de las unidades Estrategia presupuestal	Unidades / Cantidad de uso
			Análisis estadístico	Informes de gestión		Orden de proceso
			Revisión Actas de Reunión	Libro de actas de reuniones		Potencial Habilitada Certificada
Identificar variables que afectan el Plan Maestro de Producción.	Descriptiva - Exploratoria	Mixto	Análisis de datos históricos de producción	Bases de datos de Capacidades	Estado de la capacidad	Potencial Habilitada Certificada
			Análisis estadístico	Informes de gestión		Unidades / Cantidad de uso
			Revisión Sistemática de información	Bases de datos científicas Artículos Libros		Fundamentación teórica de PMP
Modelar el proceso de verificación del comportamiento de las variables que conforman el Plan Maestro de Producción requerido para CAMAN. Establecer la propuesta de articulación del PMP con la gestión articulada de las capacidades para proyectar su presupuesto.	Correlacional	Mixto	Revisión Actas de Reunión	Libro de actas de reuniones	Estrategia presupuestal	Orden de proceso
			Análisis estratégico	Matrices de análisis estratégico		Unidades / Cantidad de uso
			Comportamiento presupuestal	Gráficos (Histogramas)		Capacidades de reparación Demanda de las unidades Estrategia presupuestal
	Descriptiva - Exploratoria	Mixto	Informe gerencial de variables	Matrices		Orden de proceso

Nota: Elaborada por el autor, tomando como base el análisis referencial y proyección de cada uno de los objetivos.



DEFINICIÓN Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Los registros que retratan la casuística son extraídos directamente de la plataforma ERP-SAP-SILOG, de la cual se realiza la verificación de novedades y eliminación de registros erróneos e incompletos, conllevando el registro de novedades y el análisis de las mismas en las actas de reunión del equipo de trabajo, lo cual se considera confidencial y por tanto no se incluye como soporte u anexo del presente documento, sin embargo, es validado a través de los expertos incluidos en el proceso de análisis y consulta permanente de la casuística operacional.

Los análisis estadísticos se encuentran documentados en los procedimientos internos del GRUAI, en donde se relacionan los conceptos establecidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, al ser parámetros validados e incluidos en el sistema de gestión de mantenimiento aeronáutico y controlado a través de la plataforma ERP-SAP-SILOG, se procede a tomar como información veraz y validada del proceso, así como los instrumentos de análisis que pueden generar nuevos planteamientos.

En el análisis estratégico se utiliza una metodología con diferentes herramientas con las cuales se procede a establecer una estrategia conveniente para el logro de los resultados, el planteamiento se encuentra enfocado a evidenciar la hipótesis y encontrar una estrategia institucional que promueva primero el generar el mayor impacto operacional, con el presupuesto limitado existente y con ello mantener los niveles de alistamiento requerido por la institución para cada una de las flotas.

Para la revisión sistemática de la información se toma únicamente fuentes científicas validadas por la plataforma Elsevier, repositorio de revistas y repositorios de carácter científico, por lo que es aceptada por parte del autor de la investigación.

TAMAÑO Y FIABILIDAD DE LA MUESTRA

La Población Universal consiste en todo el personal involucrado en el mantenimiento aeronáutico, incluyendo al personal contratista, oficial, suboficial; alineado con esto la población objetivo se centra en el personal que participo en cada una de las áreas del GRUAI, entre ellos las secciones de ingeniería, de planeación, de abastecimiento, calidad y técnicos de cada uno de los talleres aeronáuticos, estableciendo como la población



meta, aquella que coordina cada una de las secciones, con la que se fundamenta los análisis estadísticos y validación de la información establecida en las actas de reunión del grupo Aeroindustrial; por lo anterior la población se establece en 15 personas consideradas expertos que aportan en los análisis con los cuales el autor emite los resultados; en complemento de lo anterior se relaciona el personal científico del proyecto Modelo de Planeación presupuestal Basado en Capacidades Técnicas Aeronáuticas, lo cual suma 9 personas, entre los cuales 4 son parte de la casuística del GRUAI.

APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS

La aplicación de los instrumentos se originan in situ, como parte de las actividades laborales como Jefe de planeación del GRUAI, se hace participe de la información de primera fuente, parte de las reuniones de trabajo y de la toma de decisiones; los análisis estadísticos se desarrollan posterior a la recolección de información de la últimas 2 vigencias como mínimo; y los instrumentos del análisis estratégico, se desarrollan en conjunto con el personal de planeación de la unidad y con la información de los informes presentados a la Jefatura de Logística.



CAPÍTULO 4 – ANÁLISIS Y RESULTADOS

RECOLECCIÓN DE DATOS

Las bases de datos se consolidan periódicamente cuando la sección de ingeniería actualiza la información para mantener actualizadas las Capacidades, así teniendo el estado de capacidades certificada, esta es descargada de SAP, y luego de actualizada la base de datos en Excel, es cargada nuevamente en la plataforma ERP -SAP-SILOG, con lo cual la sección de planeación del GRUAI puede gestionar los análisis de datos históricos, esto validado en los documentos internos para validar las decisiones acerca de las capacidades y con base en los informes que relaciona :

Desarrollo del objetivo 1

En el desarrollo del primer objetivo se describe el comportamiento del Plan Maestro de Producción en la FAC, desde la información base, establecida en la disponibilidad de las capacidades, empezando por la eficacia del presupuesto asignado en el PASLO, en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en donde el valor presupuestal ha sido disminuido en los último 5 años, esto debido a la pérdida de poder adquisitivo que tiene el peso colombiano, el cual presenta una pérdida mucho mayor al que se puede observar aumento presupuestal en pesos que realiza el MINDEFENSA; en ese orden se relaciona la productividad del PMP, con la cantidad de elementos reparados, con un aumento importante en la operación, esto mientras la estrategia se encontraba basada en la actualización de las capacidades, se evidencia en informes de gestión, la tendencia existente entre los años 2016, 2017 y 2018 se estableció una estrategia de contratación de todo lo posible hasta ejecutar todo el presupuesto asignado, tratando de dar celeridad a la operación; sin embargo, los resultados operacionales no fueron los mejores, como se refleja en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Por consiguiente, relacionar la cantidad de capacidades con el número total de partes en la FAC, promueve la importancia de sostener las capacidades del GRUAI, sin embargo, bajo un análisis estadístico que conlleve a la eficiencia presupuestal, se realiza el análisis de efectividad de la inversión en el desarrollo de capacidades dentro de la FAC,



encontrando el consolidado de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde tan solo el 34% del parte número que tiene la FAC, tiene una capacidad asociada de reparación, por lo cual el análisis de uso de capacidades es prioritario para la inversión de recursos y mejorar el impacto operacional del GRUAI y de los GRUPOS TÉCNICOS; así mismo el desarrollo de las inversiones deben estar asociadas a mantener el mayor número de capacidades efectivas de uso en las vigencias siguientes.

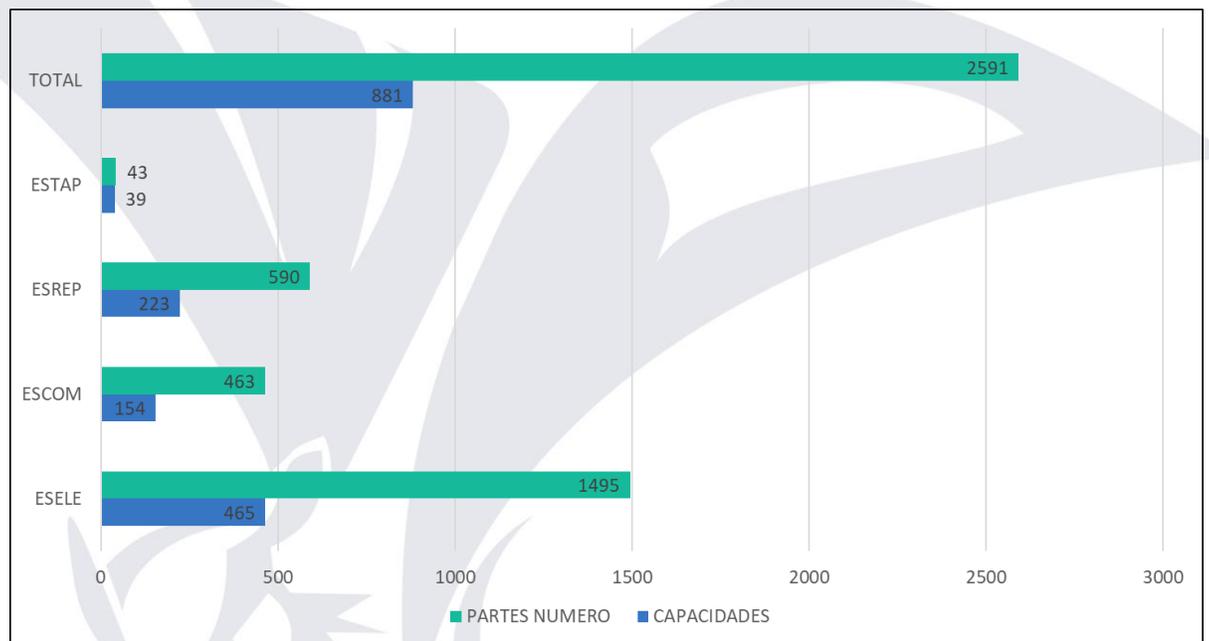


Figura 12. Capacidades GRUAI 2017 -2019

Nota: Se presenta la relación de capacidades vs las necesidades de mantener certificados el parte número.

Luego de validar el porcentaje bruto de las capacidades de la FAC en términos de reparación, se desarrolla el análisis de proporcionalidad de cumplimiento de la misión, cabe mencionar que de acuerdo con las actas e informes del GRUAI, como se establece en la Tabla 7. Capacidades por Escuadrón GRUAI, se realiza una clasificación por estado de la capacidad y en relación directa con el parte número, encontrando que una capacidad puede mantener a más de un parte número, con lo cual se debe hacer un estudio de impacto real en los componentes aeronáuticos, y se evidencia en los registros que se mantienen certificados 1424 números de parte con las 881 capacidades del GRUAI, lo que corresponde al 54.96%



de la demanda total de la FAC, sin lugar a dudas es el mayor proveedor de reparaciones demandadas por los Grupos técnicos de las Unidades Militares Aeronáuticas; por lo que la gestión presupuestal es tan relevante en la ejecución de las actividades de reparación, debido que al realizar un Plan Maestro de producción, se establecen cantidades de recursos y presupuesto para atender un mantenimiento planeado y parte de imprevisto, con cálculos protocolizados de pronósticos, sin embargo, la falta de sinergia entre el cliente y proveedor (UMA-GRUAI) hace que gran parte de los recursos destinados a un elemento programado, se destine a elementos no programados, afectando la operación de toda la organización.

Tabla 7. Capacidades por escuadrón GRUAI

ESCUADRO N	CAPACIDAD ES	PARTES NUMERO			
		CERTIFICAD OS	HABILITAD OS	POTENCIAL ES	TOTA L
ESELE	465	671	346	478	1495
ESCOM	154	341	116	6	463
ESREP	223	375	193	22	590
ESTAP	39	37	6	0	43
TOTAL	881	1424	661	506	2591
	100%	54,96%	25,51%	19,53%	100%

Nota: se relaciona la participación de los tres estados básicos de una capacidad por doctrina, permite visualizar el impacto real de las capacidades en las necesidades institucionales.

Uno de los mayores indicadores de éxito en la operación del GRUAI, es el impacto operacional, el cual representa que un elemento reparado es puesto en funcionamiento en una aeronave de la Fuerza y con ello garantizar su disponibilidad y despliegue, en este indicador se debe trabajar en la coordinación de los tiempos y alinear la estrategia de la



unidad con las capacidades del GRUAI, sin embargo, en complemento de lo anterior se resalta otro indicador en termino monetario, medido en el ahorro institucional al poder desarrollar las reparaciones internas; para este ejercicio académico solo se relaciona 4 talleres, debido a la validación de la información en los cálculos realizados, la que consistió en verificar que se contaba con soportes para los cálculos de los costos externos e internos y así entregar datos reales y confiables en el desarrollo de la operación, encontrando así:

- ✓ En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se relaciona las tres vigencias en donde se relacionan tres variables, el total de las inspecciones, el costo de realizar la reparación por parte del CAMAN y el Costo de Reparar con un proveedor externo; resaltando que, los márgenes de ahorro en el taller de controles de combustible en los niveles I y II de mantenimiento son del 84%, 86%, 88% y 92% para el FCUT53, MANFOLD T53, PTG T53 y PT6 respectivamente; lo anterior conlleva a inferir que este taller tiene una retribución económica alta para la institución y que la pertinencia del mismo hace fundamental, hacer este taller un aliado estratégico para las flotas que le demanden servicios de mantenimiento aeronáutico.

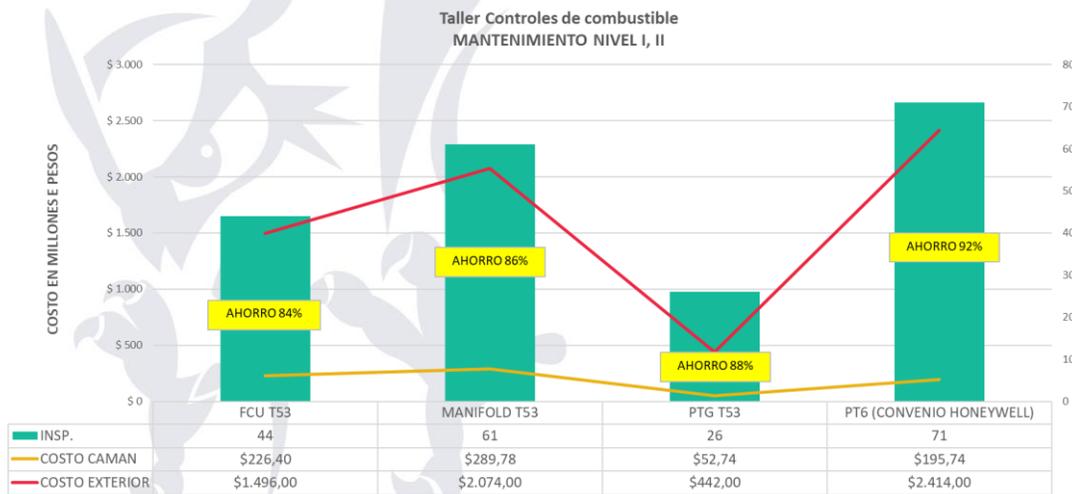


Figura 13. Ahorro institucional taller TCOC 2017-2019

Nota: se relaciona los ahorros por la ejecución de capacidades internas vs externas.

En términos de la variable de tiempo de respuesta del GRUAI, se tiene una comparación con datos reales y extraídos de los datos históricos obtenidos de la plataforma



ERP-SAP-SILOG, donde se comparan los tiempos en un overhaul para FCU PT6, con una diferencia a favor de GRUAI de 100 días; así mismo en, inspecciones y pruebas FCU PT6 de 55 días, en overhaul FCU T53 de 90 días, en Inspección y pruebas FCU T53 de 55 días, e Inspección y pruebas MANFOLD T53 de 55 días, lo anterior concerniente al 77%, 92%, 75%, 92% y 92% respectivamente, en ahorros y con ello impacto en el alistamiento de las aeronaves, lo que conlleva a establecer la gran relevancia de considerar al GRUAI como primer fuente de componentes de reparación. Lo anterior se puede ver en la **Figura 14**. Ahorro en tiempo de entrega del TCOC.

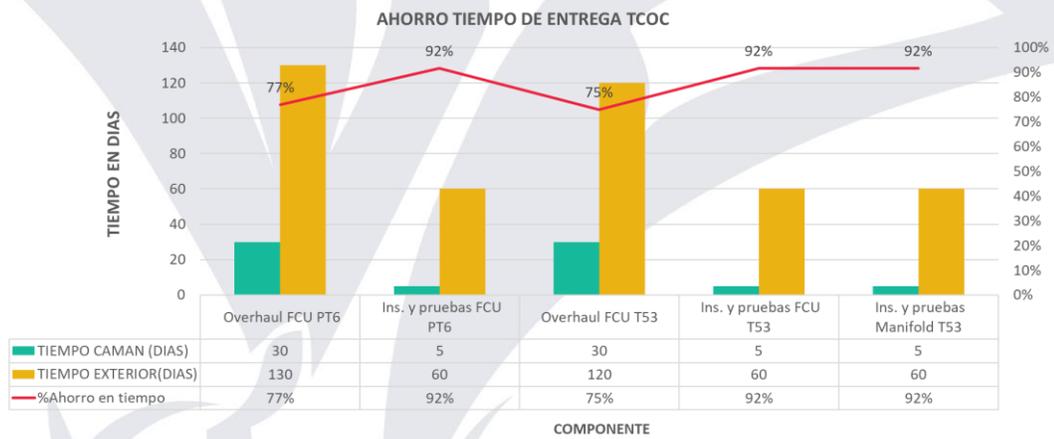


Figura 14. Ahorro en tiempo de entrega del TCOC

Nota: Se relacionan los tiempos internos y externos de respuesta de CAMAN vs Proveedores externos.

Así mismo, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se visualiza la gran diferencia entre la capacidad interna vs la externa

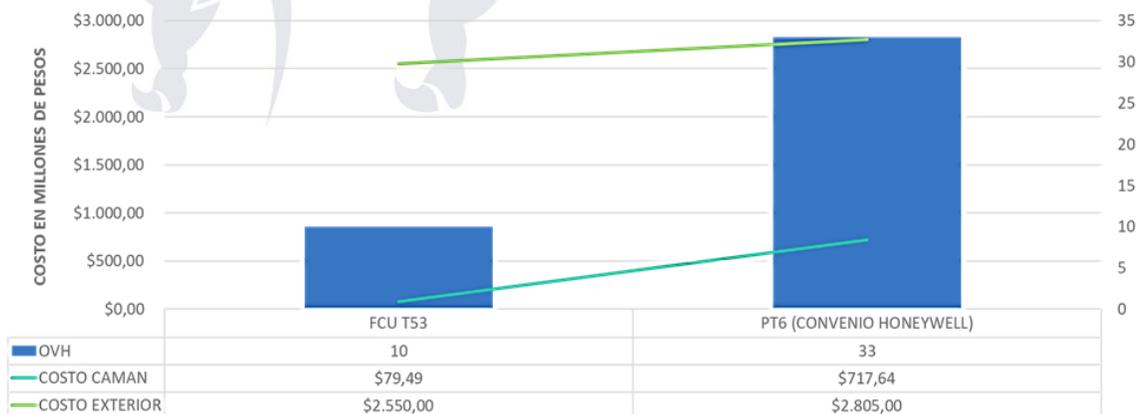




Figura 15. Impacto de ahorro en Mantenimiento Nivel III en el taller de controles de combustible T53

Nota: se relaciona la diferencia de costos de la operación interna y externa, Beneficios de la FAC

En términos económicos, se relaciona que el ahorro institucional en los últimos 3 años asciende a 10.219'216.482 pesos, representándose así entre un 60 y 92% de ahorro operacional logístico en el sostenimiento de la Flota, desarrollando las actividades internamente; aunado a estos resultados, para complementar el estudio se establece como promedio de reducción de tiempo el 80% en comparación a reparaciones en el exterior.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se establece el impacto en términos de costos y tiempos a favor de las operaciones de disponibilidad de componentes de servos, lo cual impacta a las aeronaves de ala rotatoria de la flota de la FAC, como se denota se presentan grandes ahorros en 187 aeronaves o servicios de mantenimiento, El ahorro institucional del taller durante las vigencias 2017, 2018 y 2019 es de 2.354'077.645, equivalente al 60% del costo de reparación con una estrategia con proveedores externos nacionales.

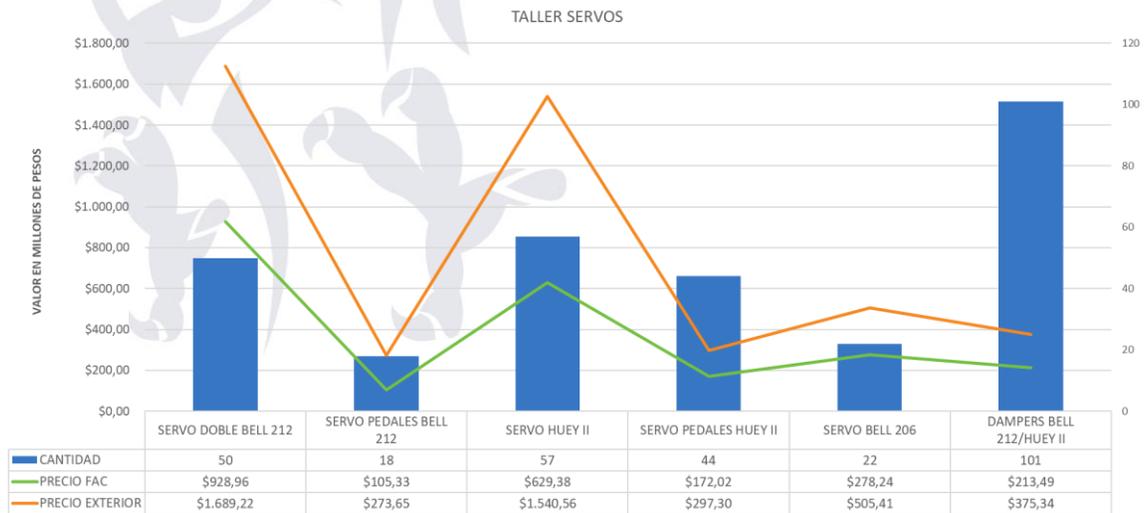


Figura 16. Ahorro institucional taller servos 2017-2019



Nota: Se presenta la información comparativa de la reparación interna y externa de servos

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el ahorro institucional en los últimos 5 años asciende a 4.639'199.600 pesos, viéndose reflejado en un 70 a 90% de ahorro en comparación con el costo de reparación con una estrategia tercerizada, aunado a lo anterior un 82% en comparación con proveedores nacionales.



Figura 17. Ahorro institucional taller eléctricos generadores 2017-2019

Nota: Se presenta la información comparativa de la reparación interna y externa de servos

Por su puesto la capacidad instalada tiene una disponibilidad finita, por lo cual los beneficios anteriormente señalados deben establecer la base para determinar la proyección de uso de las capacidades futuras, no por el simple hecho de poder realizar una capacidad, se deben consumir recursos en dicha capacidad, esta debe responder a un impacto operacional mayor y con ellos asociar los beneficios de mantener una estrategia como el GRUAI y en alianza con la CIAC, con lo que hay que fortalecer el análisis de uso de las capacidades con un sistema de gestión de mantenimiento computarizado ajustado a la medida.



Desarrollo del objetivo 2

En el desarrollo del análisis para identificar las variables que afectan el Plan Maestro de Producción, el equipo de expertos del GRUAI señalan como base de las herramientas informáticas y la arquitectura empresarial, que de manera consolidada en el Sistema de Información Logístico (SILOG), permite extraer la información de todo el proceso, sin embargo se evidencia tres niveles jerárquicos: el rol de nivel funcional, nivel directivo y alta dirección, a través de la plataforma ERP-SAP-SILOG, la cual presenta una opción dentro de su configuración llamada Business Warehouse (BW) como se establece en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, esta plataforma funciona como unidad de almacenamiento de datos, por lo tanto, Recopila, transforma y almacena datos generados en aplicaciones SAP y no SAP y lo hace accesible a través de cuentas de usuario controladas por la jefatura de tecnologías. Y está integrada de informes, bussiness intelligence y análisis, así como software de terceros.

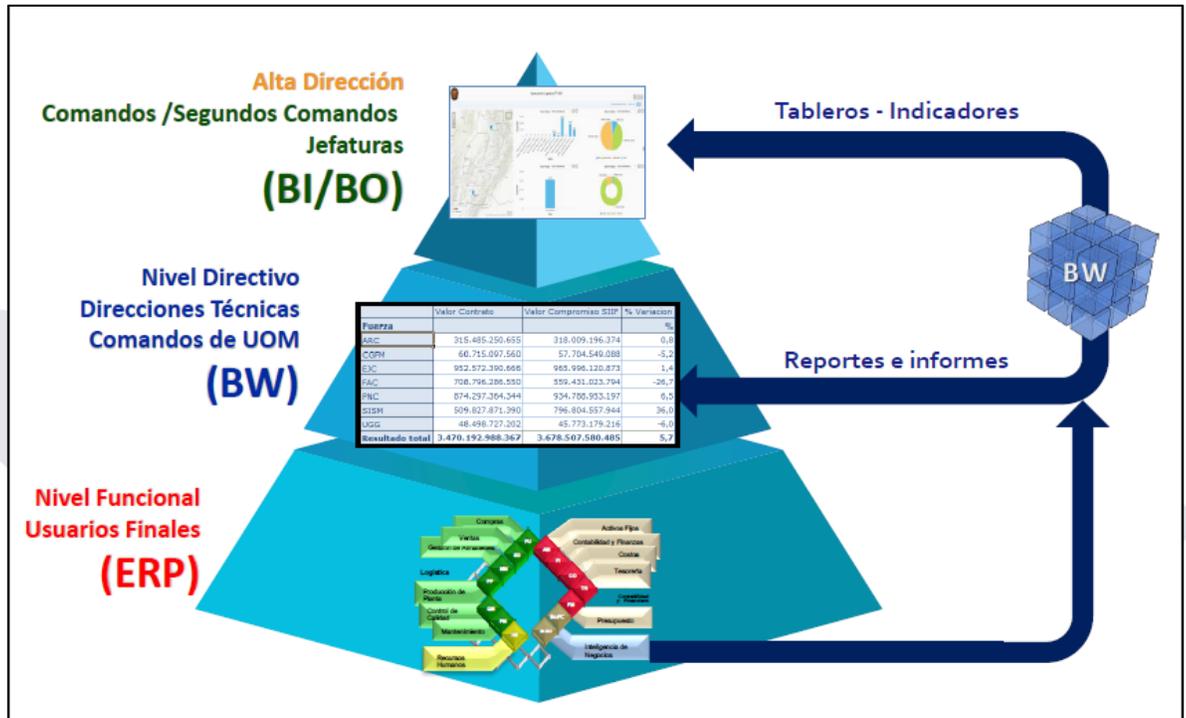


Figura 18. Arquitectura del ERP-SAP-SILOG

Nota: Se relaciona la información que gestiona ERP SAP-SILOG

A través de un análisis grupal por parte del equipo de trabajo en el cual el autor es el jefe directo, soportado en actas de reunión se establecen dentro de las variables del PMP, clasificándolas por categorías se encuentran las primeras asociadas a los Parámetros de Control PMP:

- Programación de las ordenes de mantenimiento gestionadas por CAMAN-GRUAI.
- Trabajos del estado de acuerdo con el estatus de las órdenes.
- Cantidad de equipos.
- Centro planificado.
- Taller de mantenimiento.
- Costos de ordenes de mantenimiento por material, indirectos como mano de obra.
- Avance de los trabajos desde la fecha de liberación de las órdenes a fecha actual.



- Avance en horas estándar de trabajo por hoja de ruta (archivo plano).
- Horas notificadas dentro de la orden de mantenimiento.

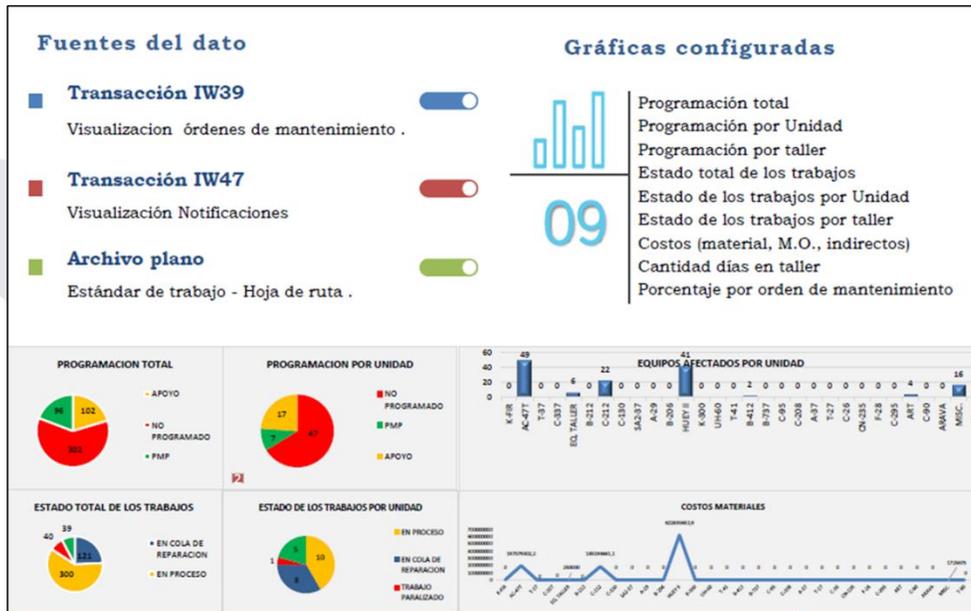


Figura 19. Estructura Funcional del análisis de capacidades

Nota: En esta figura se muestra las graficas de los datos que se pueden mostrar con las transacciones IW9, IW47.

De acuerdo con el contenido de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las transacciones que se han consolidado para la gestión de la información pertinente para el desarrollo de todos los análisis se nombraron IW39, IW47 y transacción estándar, las variables proyectadas entre las transacciones mencionadas son las siguientes:

- La programación total, en donde se encontrará con la clasificación de las actividades (Apoyo, No programado y PMP)
- Programación por unidad, se registrará la estadística bajo las alternativas (Apoyo, No programado y PMP), con ello la unidad tendrá el registro para ajustar sus novedades.
- Programación taller, Se registrará la estadística del uso de capacidades del taller, teniendo en cuenta los números de parte pertinentes para el mismo.



- Estado total de trabajos, se registrará si está en proceso, terminado, no iniciado, programado, en cola de reparación.
- Estado de los trabajos por unidad, se registrará si se encuentra (en proceso, en cola de reparación, no terminado), con ello emitir la estadística.
- Estado de los trabajos por taller, se registrará si se encuentra (en proceso, en cola de reparación, no terminado), con ello emitir la estadística.
- Costos (Material, M.O, Indirectos), el cual se reflejará en subtotales y totales por concepto presupuestal y centro de costo.
- Cantidad días en taller, suma de los días en que un elemento se encuentra en efectivamente en la unidad y en el taller.
- Porcentaje por orden de mantenimiento, participación en orden de horas de trabajo consumida, medida con respecto a la sumatoria de trabajo Programado e imprevistos.

De acuerdo a las sesiones de validación con el grupo de expertos, la información relacionada con cada una de las variables debe permitir tener acceso a los registros e información en tiempo real y sobre todos los componentes, deben tener la relevancia para desarrollar análisis de datos para toma de decisiones y como herramienta para planeación de actividades propendiendo por la mejora de procesos de logística y optimización de recursos escasos, con el propósito de mejorar tiempos de respuesta, los costos de mantenimiento.

Desarrollo del Objetivo 3

Para la Modelación del proceso de verificación del comportamiento de las variables que conforman el Plan Maestro de Producción requerido en CAMAN, se desarrolla la



clasificación por categorías y así tener el control de la cantidad de ordenes de mantenimiento, siendo estas:

- Ordenes Abiertas (trabajos que ingresaron al taller, pero no se han iniciado)
- Ordenes Liberadas (trabajos que se encuentra en proceso en los talleres)
- Ordenes con cierre técnico (trabajos terminados pendientes por liquidación financiera)
- Ordenes con cierre comercial (trabajos culminados con todo el proceso logístico)
- Ordenes con petición de borrado (ordenes anuladas)

Para ello se obtiene la información relacionada con el número de orden, ubicación técnica, Descripción de la capacidad, Estado en el sistema; continuando con el seguimiento de la Cantidad de Componentes ejecutados se incluyen 7 movimientos en los registros de la plataforma ERP-SAP-SILOG.

- Componentes en almacén (elementos que se encuentran ubicados en el almacén reparables).
- Componentes en taller (Elementos que ingresaron al taller a su respectiva reparación).
- Componentes reparados (Elementos que salieron reparados de los talleres)
- Componentes Dañados (Elementos que salieron en estado dañado de los talleres).
- Componentes sin acción (Elementos que llegaron a CAMAN para su reparación, pero no fue efectuada por no contar con capacidad).
- Componentes enviados (Elementos que son retornados alas unidades de origen).
- Componentes Utilizados (Elementos que fueron utilizados en las aeronaves de la fuerza).



Los movimientos en la plataforma se identifican con los números, teniendo claro que el código clave es el número de serie de la orden de servicio.

- 351: traslado de la unidad a CAMAN o viceversa.
- 101: ingreso al almacén.
- 541: paso al taller.
- 551: cambio clase de valoración.
- Z01: entrada al almacén.
- 261: salida al servicio.
- 542: devolución al almacén en condición dañado

Por consiguiente, se generaron los siguientes tableros de control teniendo en cuenta los parámetros antes mencionados y proyectando configuraciones para obtener la producción ejecutada por órdenes de mantenimiento, a través de un tablero seguimiento a ordenes de mantenimiento y que permita desarrollar el análisis componentes, lo que este asociado al número de parte y la capacidad de mantenimiento, como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

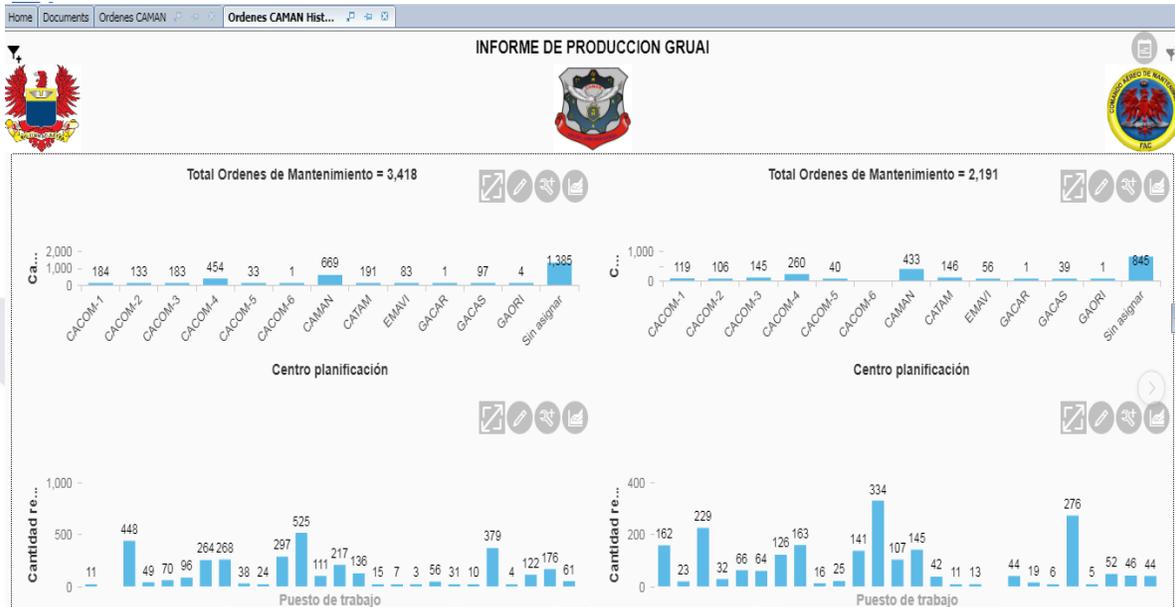


Figura 20. Tablero de seguimiento ordenes mantenimiento

Nota: se incluye la información asociada al tablero de control base con el cual se realiza seguimiento de las operaciones de reparación en el GRUAI.

Por último, se hace énfasis en mantener el grafico de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, como parámetro para establecer la importancia de una flota vs las demás en el desarrollo de una próxima planeación presupuestal, tomando como base el análisis de uso de ca capacidades.

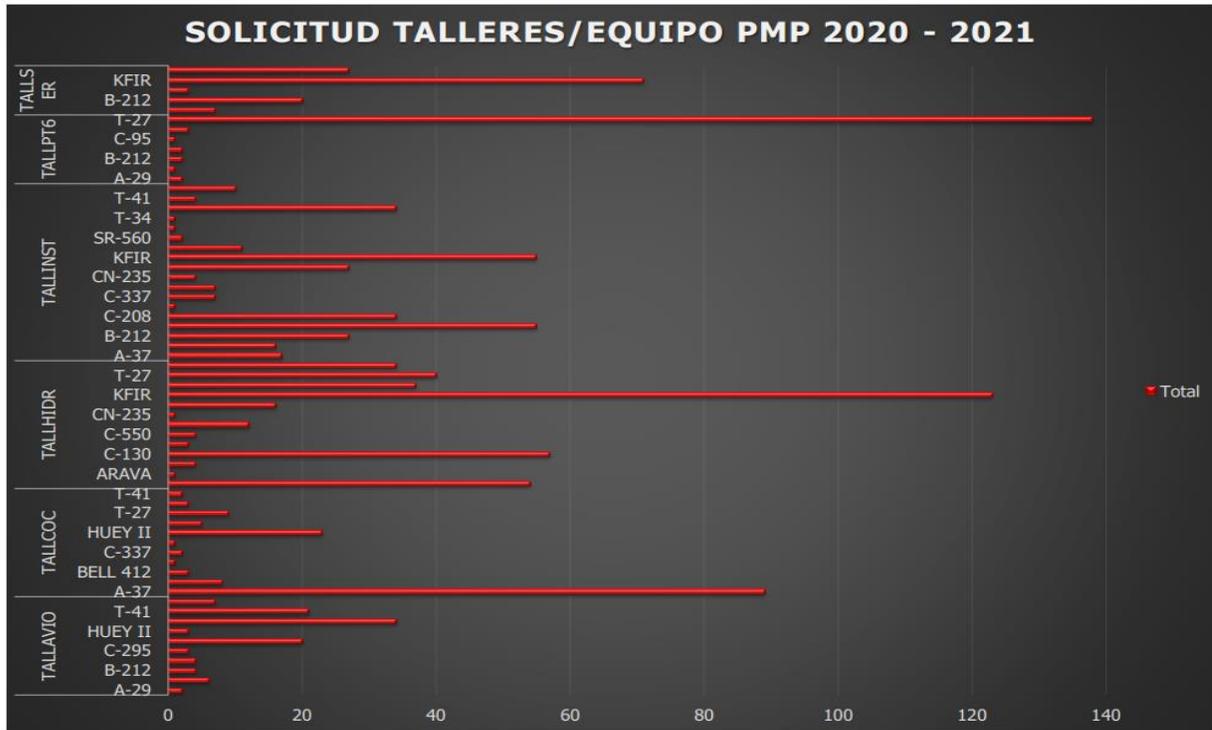


Figura 21. Distribución PMP 2020-2021 Talleres VS Flotas

Nota: Con información extraída de la plataforma ERP-SAP-SILOG, se establece la relación del número de veces en que se utilizó cada capacidad, visto en el segundo informe de uso de capacidades del Proyecto 75239-Minciencias Convocatoria 2019.

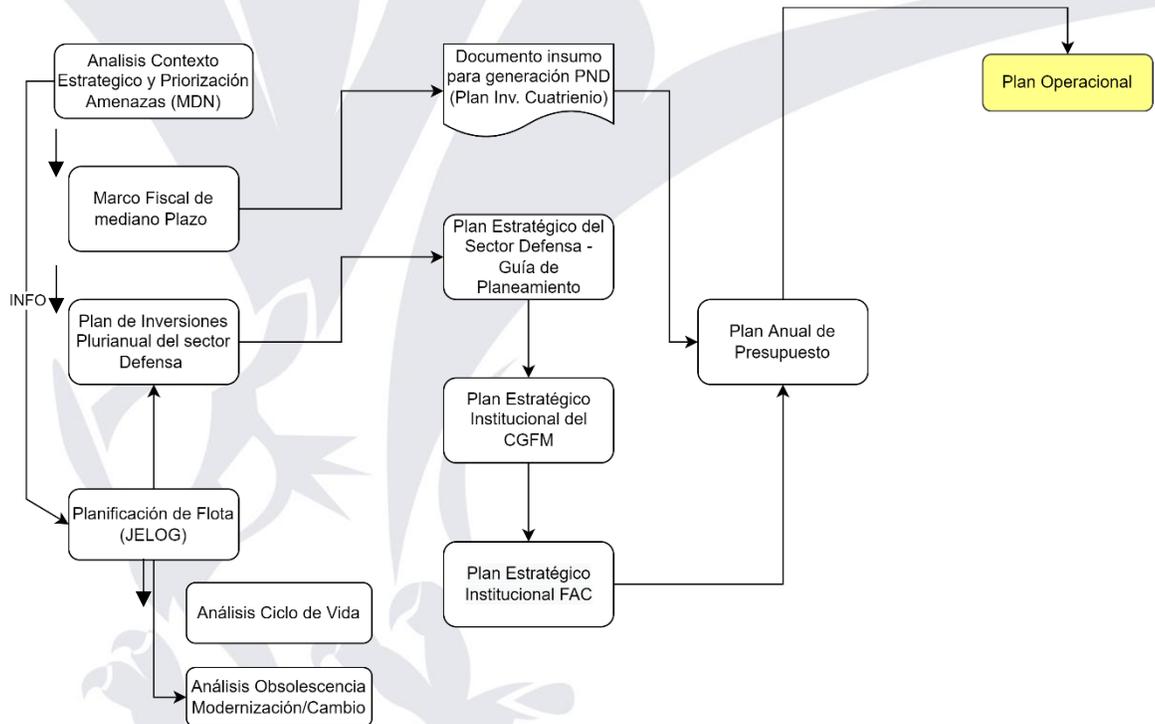
Desarrollo del Objetivo 4:

De acuerdo a los análisis realizados se requiere de un análisis de contexto adecuado para identificar las oportunidades que tiene el GRUAI para ser definido como un aliado estratégico, fundamentándose en el desarrollo de la propuesta de articulación del PMP con la gestión por capacidades para proyectar su presupuesto, en el planteamiento estratégico se requiere de políticas y estrategia institucional para el desarrollo de la asignación presupuestal, como se puede validar en el siguiente flujo de proceso de tiene una actividad muy importante que es la guía de planeamiento, con los lineamientos establecidos para validar el impacto operacional de las actividades de todas las unidades y luego realizar la



asignación presupuestal, generaría un cambio en toda la operación y conllevaría al uso adecuado del recurso; de allí en adelante la operación se articularía con la definición del modelo de planeación presupuestal basado en capacidades técnicas aeronáuticas, propuesto en LA Figura 22. Desarrollo del proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MINCIENCIAS a cargo de la EPFAC.

Figura 22. Desarrollo del proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MINCIENCIAS



Nota: Diagrama de flujo del proyecto 75239 de la convocatoria 2019 de MINCIENCIAS

CONTRASTACIÓN DE OBJETIVOS E HIPOTESIS

Con base en los resultados obtenidos y la diferenciación del autor, evaluar la información con cada una de las conclusiones relacionadas con cada uno de los objetivos planteados.



CAPÍTULO 5 – CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

Después de realizar las evaluaciones sobre los factores internos y externos que podrían afectar la producción de la Organización. Se lograron establecer los criterios bajo los que se podrían abordar estas dificultades para mejorar el Plan de Producción.

Se encontró que las bases del mantenimiento productivo total se debían fortalecer con la aparición de los sistemas de gestión flexible en los procesos. Fue necesario hacer una producción ajustada, tomando en cuenta los tiempos en que deben ser cumplidos los procesos; seguido de ello se debe garantizar la calidad de los procesos y productos para lograr una alta competitividad y complementar con los medios adecuados de la producción, enfocándose en utilizar la menor cantidad de recursos y obtener la mayor cantidad de beneficios.

En términos teóricos el método TPM es una alternativa estratégica para incrementar los índices de producción a los niveles óptimos de cada taller o proceso, así como del ahorro de costos tanto en operaciones como en maquinaria, recursos físicos e incluso en personal, pues como aseguran las investigaciones.

CONCLUSIONES ESPECIFICAS

Específico 1:

Se ha logrado describir el comportamiento del Plan Maestro de Producción en la FAC, encontrando debilidades en los recursos de personal y continuidad en la transferencia del conocimiento, derivado de la dedicación y tiempo de permanencia en el cargo, siendo la tasa efectiva de trabajo por debajo del 50% del tiempo total de trabajo; así mismo la dependencia del comportamiento del dólar ha generado la pérdida de poder adquisitivo; siendo el plan maestro de



producción una de las alternativas para el sostenimiento de la disponibilidad de las aeronaves, a través de las reparaciones de componentes aeronáuticos.

Específico 2:

Se logró identificar las variables que afectan el Plan Maestro de Producción, encontrando como factores determinantes el mal manejo de la plataforma en la cual se consolida la información, así mismo proyectando la mayor cantidad de personal

Específico 3:

Se logró evaluar el comportamiento de las variables que conforman el Plan Maestro de Producción requerido para CAMAN.

Específico 4:

Se logró establecer la propuesta de articulación del PMP con la gestión articulada de las capacidades para proyectar su presupuesto.



Bibliografía

- Alvarez Jurado, L. A. (15 de 11 de 2020). Modelo gerencial de soporte al enfoque de gestión de activos aeronáuticos para el grute -93 del comando aereo de mantenimiento de la FAC. *Tesis Maestría*. Bogotá D.C., Bogotá, Colombia: EPFAC.
- Banrep. (15 de 02 de 2022). *Banco de la Republica*. Obtenido de Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar): <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>
- CASTRO MARULANDA, E. S. (19 de 11 de 2020). EVALUACIÓN DE CIAC COMO SOPORTE ESTRATÉGICO (OEM y MRO) DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA. CASO T-27. *Tesis de Maestría*. Bogotá, Colombia: EPFAC.
- Díaz Uribe, J., Rodríguez Ruiz, M., & Uribe Cáceres, S. (2016). *Estrategia Marítima, Evolución y Prospectiva*. Bogotá: Escuela Superior de Guerra.
- Escuela Superior de Guerra General Rafael Reyes Prieto. (s.f.). Historia del Sistema de Información Logístico Coordinado del sector Defensa de Colombia - SILOG. *Libros Escuela Superior de Guerra - Capítulo 3*. Bogotá, D. C., Bogotá, Colombia: Escuela Superior de Guerra.
- Federal Aviation Administration. (27 de 08 de 2012). Maintenance Type Boards, and OEM/TCH Recommended Maintenance Procedures. *Maintenance Review Boards*. Washington, DC, 20591, Estados Unidos: FAA. Obtenido de https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circular
- Fuerza Aérea Colombiana. (2011). *Mensaje Técnico No. 915 Determinación de la Capacidad Productiva*. Bogotá, D.C.: Fuerza Aérea Colombiana.
- Fuerza Aérea Colombiana. (01 de 12 de 2016). *Manual de Mantenimiento Aeronáutico*. Obtenido de FAC-4.1.1-0: https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/manuales2022/mamae_2016-c_0.pdf
- Fuerza Aerea Colombiana. (2017). Instructivo Para la Elaboración del Programa Anual de Soporte Logístico Operacional - PASLO.



Fuerza Aérea Colombiana. (2018). *Fuerza Aérea Colombiana*. Obtenido de <https://www.fac.mil.co/th-67-creek>

Fuerza Aérea Colombiana. (22 de 10 de 2019). ELABORACIÓN DEL PROGRAMA ANUAL DE SOPORTE LOGÍSTICO OPERACIONAL (PASLO). *INSTRUCTIVO PARA LA*. Bogotá D.C., Bogotá, Colombia: Ministerio de defensa nacional de colombia.

Gobierno de Colombia. (Agosto de 2019). *Pacto por el crecimiento y para la generación de empleo del sector de industrias del movimiento*. Obtenido de Estrategia sectorial para la generación de nuevas fuentes: <https://www.colombiaproductiva.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=0d4af66a-066a-4e54-a353-539aae31fa05>

Google. (10 de 2 de 2020). *Google maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Apiay,+Villavicencio,+Meta/@4.0846798,-73.5839396,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e3e2f31486befcf:0x70b6f8ef32786372!8m2!3d4.08468!4d-73.56643>.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta edición ed.). Mexico D.F.: McGrawHill. Recuperado el 12 de 04 de 2022, de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hoskisson, R., Hitt, M., Wan, W., & Yiu, D. (1999). *Theory and research in strategic management: Swings of a pendulum*. Obtenido de Journal of Management, Vol. 25, No. 3, p 417-456: https://www.researchgate.net/publication/247569842_Theory_and_Research_in_Strategic_Management_Swings_of_a_Pendulum

INPULSA. (2018). *Iniciativas de Clúster en Colombia* (Primera Edición ed.). (A. D. S.A.S., Ed.) Bogotá, Colombia: Univerisdad Rosario. Obtenido de https://www.innpuhsacolombia.com/sites/default/files/documentos-recursos-pdf/libro_iniciativas_cluster_en_colombia.pdf

Kostalova, J., & Tetrevoa, L. (2018). Proposal of Project Management Methods and Tools Oriented Maturity Model. *Gestão e Projetos*, pp 1-23. Obtenido de



https://www.researchgate.net/publication/325351712_Proposal_of_Project_Management_Methods_and_Tools_Oriented_Maturity_Model

McLoughlin, B., Maintenance Engineering Technical Services Manager, & Beck, J. (2008). *MAINTENANCE PROGRAM ENHANCEMENTS*. (M. E. Manager, Ed.) Obtenido de AERO QTR_4.06:

https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_06/article_05_3.html

MINDEFENSA. (04 de 06 de 2015). Creación, actualización o derogación procesos de negocio SILOG. *Directiva*, 63. Bogotá, Bogotá, Colombia: MDN. Recuperado el 03 de 02 de 2022

Ministerio de Defensa Nacional. (2005). Directiva ministerial. *Planeamiento y manejo de los recursos provenientes de la cooperación internacional*. Bogotá, D. C., Bogotá, Colombia: Comando general de las fuerzas militares.

Ministerio de defensa Nacional. (01 de 12 de 2018). Guía Metodologica. *Planeación de Capacidades*. Bogotá, Bogotá, Colombia: MINDEFENSA. Recuperado el 15 de 01 de 2022, de http://capacitas.mindefensa.gov.co/storage/biblioteca/Guia_Metodologica_de_Planeacion_por_Capacidades.pdf

Ministerio de Defensa Nacional. (01 de 12 de 2020). Guía Metodologica Mantenimiento. *para la Gestión de Mantenimiento Aeronáutico en el Sistema de Información Logística SILOG*. Bogotá, Bogotá, Colombia: SILOG.

Ministerio de Defensa Nacional. (2021). Manual de Procedimientos Administrativos y Financieros para el Manejo de Bienes del Ministerio de Defensa Nacional. *Manual de gerencia publica Activa, Direccion de Finanzas*. Bogotá D. C., Colombia: Ministerio de Defensa Nacional.

Mintzberg, H., Quinn, J. B., & Voyer, J. (1997). *El proceso Estratégico: Conceptos, contextos y Casos*. Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=YephqTRD7IIC&pg=PA113&lpg=PA113&dq=James+Brian+Quinn.+Strategies+for+Change:+Logical+Incrementalism.+Illinois,+Homewood,+1980,+p.>



+145.&source=bl&ots=FcGEM02Xqp&sig=ACfU3U1iID1aCBBOru5jNdfWOZncbie8lg&hl=es
-419&sa=X&vedf

Porter, M. (2002). *Ventaja competitiva : creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Mexico D.F.:
Continental. Recuperado el 15 de 02 de 2022

Reliabilityweb.com. (2020). *El Camino hacia el RCM entre los años 1960 hasta 1980*. Obtenido de 2. El
nacimiento del “RCM”: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-camino-hacia-el-rcm/>

Rueda, C. A. (2003). Costos Logísticos. *Costos Logísticos en la Empresa*, 55.

Sánchez Hurtado, J. R. (2012). *En la mente de los estrategas, conoce usted su curva de rendimiento?*
Bogota: Escuela Superior de Guerra.

SAP.com. (2018). The SAP history. *Computerworld*. USA: SAP.

Smith, R., & Hawkins, B. (2004). Total Productive Maintenance TPM. En R. Smith , & B. Hawkins, *Lean
Maintenance* (Vol. A volume in Life Cycle Engineering Series, págs. 55-104). USA: Butterworth-
Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-075067779-0/50003-0>

Sutoni, S. W. (2019). Total Productive Maintenance (TPM) Analysis on Lathe Machines using the Overall
Equipment Effectiveness Method and Six Big Losses. *Journal of Physics*, 1179, 12089.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1742-6596/1179/1/012089>