

**Optimizar Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos de Navegación Aérea de
la Aeronáutica Civil**

Jhonatan Alexander Arango Torres

Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de Posgrados

Universidad ECCI

Bogotá, Diciembre de 2022

**Optimizar Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos de Navegación Aérea de
la Aeronáutica Civil**

Jhonatan Alexander Arango Torres

**Monografía como requisito para optar el título de especialista en Gerencia de
Mantenimiento**

Director:

PhD. Giovany Orozco Hernandez

Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de Posgrados

Universidad ECCI

Bogotá, Diciembre de 2022

PAGINA DE JURADOS

DEDICATORIA

A Dios, a mi esposa y a mi hijo, gracias a todos y cada uno de ellos, por su ayuda en todo momento de cuerpo y alma, por apoyarme, por estar conmigo siempre y contar con su presencia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad ECCI y los profesores que me asesoraron y me guiaron a finalizar la monografía del proyecto de grado y a la entidad Aeronáutica Civil por impulsarme a unificar el procedimiento de mantenimiento a nivel general de la entidad.

Abstract

The Civil Aeronáutica Civil does not currently have a general maintenance procedure, the main objective is to optimize a preventive maintenance plan to improve the functioning of the systems and equipment of: Communications, Surveillance, Radio aids, Meteorology and Energy CNS/MET/ENE.

The initial stage includes the identification of systems and equipment handled by each region and what direction is carried out in maintenance intervention in each one.

By being able to identify the cause of the failures that are being committed, action plans are designed to improve it, a flow chart is improved, a list of CNS/MET/ENE installed systems and equipment is designed, a maintenance schedule to finally have a reliable indicator of the budget for maintenance.

RESUMEN

La entidad Aeronáutica Civil actualmente no lleva un procedimiento general del mantenimiento, el objetivo principal es de optimizar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar funcionamiento de los sistemas y equipos de: Comunicaciones, Vigilancia, Radioayudas, Meteorología y Energía CNS/MET/ENE.

La etapa inicial comprende la identificación de sistemas y equipos que maneja cada regional y que dirección se lleva a cabo en intervención de mantenimiento en cada una.

Al lograr identificar la causa de las fallas que se están realizando, se diseñan planes de acción en mejoramientos de este, se mejora diagrama de flujo, se diseñan lista de sistemas y equipos instalados CNS/MET/ENE, cronograma de mantenimiento para tener un indicador fiable del presupuesto para el mantenimiento.

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	8
1. Problema de la investigación	12
1.1. Descripción del problema	12
1.2. Formulación del problema	17
2. Objetivos	19
2.1. Objetivo General	19
2.2. Objetivos específicos	19
3. Justificación	20
3.1. Justificación	20
4. Marcos de Referencia	21
4.1. Estado del arte	21
4.1.1. Tesis Nacionales	21
4.1.2. Tesis Internacionales	28
4.2. Marco Teórico	29
4.2.1. Mantenimiento	29
<i>Mantenimiento Productivo total:</i>	34
<i>Mantenimiento autónomo</i>	36
4.2.2. Mantenimiento Estratégico	39
4.2.3. Marco Legal numeral	41
5. Marco Metodológico	45
5.1. Diagrama Ishikawa	46
.....	46
5.2. Propuesta de solución	47
5.3. Análisis diagrama causa y efecto	48
5.4. Fases de estudio	49
6. Desarrollo Metodológico	50
6.1 Proceso para el análisis y diagnóstico de las áreas CNS/MET/ENE	50
6.2 Identificar sistemas y equipos	50
6.3 Diagrama del proceso	52
6.4 Descripción del diagrama del procedimiento	53
7. Resultados análisis	59
7.1. Cronograma de mantenimiento general	59
7.2. Formato Lista de Chequeo	59

7.3. Formato Diagrama de Flujo	60
7.4. Desarrollo del Procedimiento	61
8. Análisis Financiero (costo-beneficio)	63
9. Conclusiones y recomendaciones	64
9.1. Conclusiones	64
9.2. Recomendaciones	65
10. Referencia.	67

Lista de Figuras

Figura 1 Organigrama Aeronautica Civil	13
Figura 2 Organigrama resumido	14
Figura 3 Estructura basica regionales	15
Figura 4 Estructura basica regionales	15
Figura 5 Estructuta basica regionales	16
Figura 6 Formulaci3n del problema.....	18
Figura 7 Diagrama de Gantt Fuente: Autor, 2022	49
Figura 8 Listado de sistemas Centro Sur Fuente: Autor, 2022	51
Figura 9 Listado de sistemas Centro Sur Fuente: Autor, 2022	51
Figura 10 Listado de sistemas Centro Sur Fuente: Autor, 2022	52
Figura 11 Formato Cronograma Fuente: Autor, 2022	59
Figura 12 Formato Lista de Chequeo Fuente : Autor, 2022	60
Figura 13 Diagrama de Flujo Fuente: mejora Autor, 2022.....	61
Figura 14 Procedimiento 1 Fuente: Autor, 2022	62
Figura 15 Cuenta T Fuente: Autor, 2022	63

Lista de tablas

Tabla 1	47
Jerarquización diagrama causa y efecto. Fuente: Autor 2022	47
Tabla 2	53
Descripción del diagrama de flujo. Fuente: Autor, 2022.....	53

1. Problema de la investigación

1.1. Descripción del problema

Decreto 1294 del 14 de octubre de 2021 – “Por el cual se modifica la estructura de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – Aerocivil”

Resolución No.0354 del 22 de febrero de 2021 – “Por la cual se crean los Grupos Internos de Trabajo y se le asignan sus responsabilidades, en la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – Aerocivil”

Resolución No. 01140 del 01 de junio de 2022 – “Por la cual se adopta la política de operación del Sistema de Información de Mantenimiento Operacional Aeronáutico (SIMOA) de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.”

Política de operación del 26 de abril de 2022 - Gestión del Sistema de Información de Mantenimiento Operacional Aeronáutico – SIMOA

Reglamento Aeronáutico Colombiano RAC 210 del 22 de septiembre del 2021 – Telecomunicaciones aeronáuticas.

La Aeronáutica Civil es el organismo estatal que controla, regula y vigila la aviación civil y el espacio aéreo en Colombia. Es adscrita al ministerio de Transporte y sufre su última renovación en 1993 cuando cambia de ser el Departamento Administrativo de Aeronáutica Civil y el Fondo Aeronáutica Nacional a ser la Aerocivil que conocemos en la actualidad mediante el Art. 67 del Decreto 2171 de 1992. En la actualidad la entidad se rige por el Decreto 260 del 28 de enero de 2004.

La Ley 89 de 1938 centralizó el control de la aviación en un organismo especial denominado Dirección General de la Aeronáutica Civil, encargado especialmente de lo relacionado con los servicios de Aeródromos, rutas aéreas, radiocomunicaciones

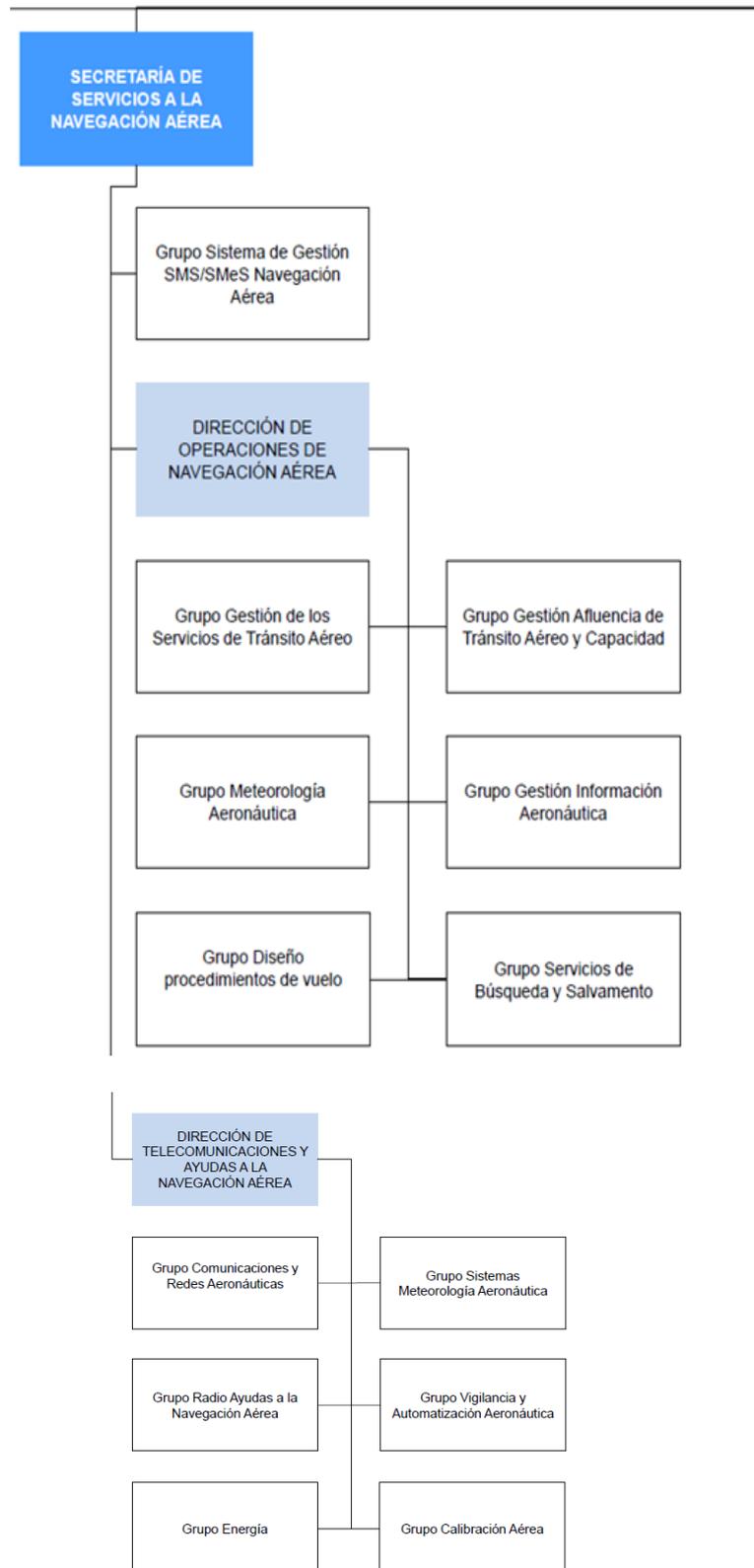


Figura 2. Organigrama resumido

Estas 6 secretarías se relacionan de manera transversal con las 6 Direcciones Regionales Aeronáuticas: Centro Sur, Norte, Nororiente, Noroccidente, Occidente y Oriente. Estas Direcciones cuenta con la siguiente estructura básica común en donde encontramos cada Grupo Regional de Mantenimiento Anexo 2:

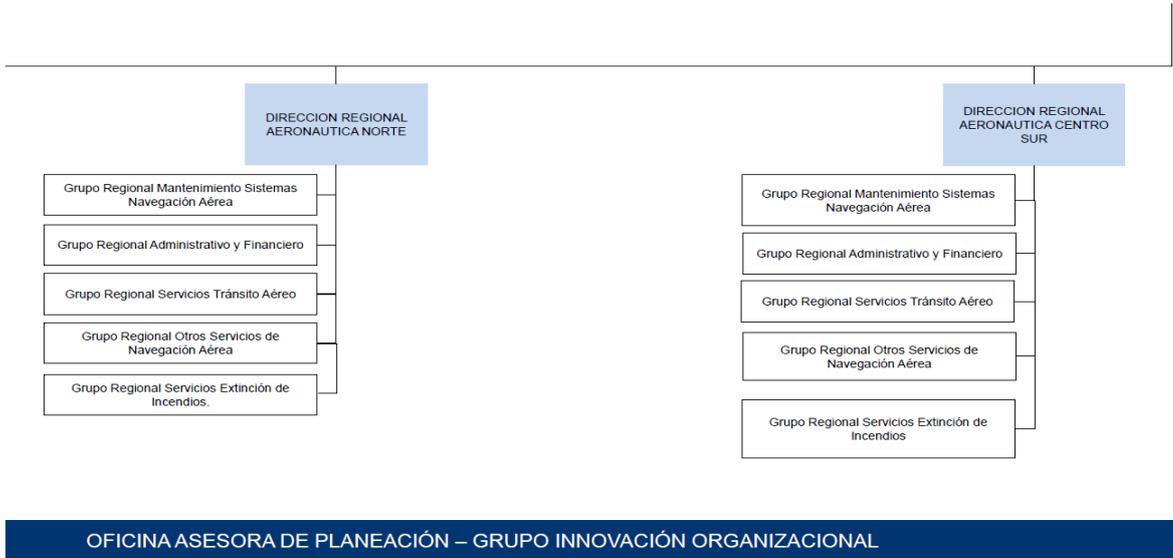


Figura 3. Estructura básica Regionales



Figura 4. Estructura básica Regionales

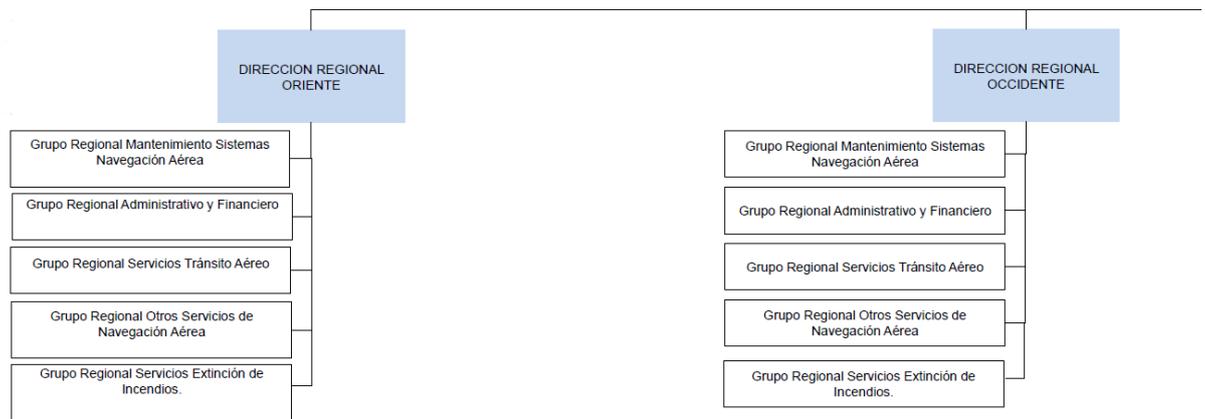


Figura 5. Estructura básica Regionales

Cada Dirección Regional es autónoma para la solicitud y manejo de stock de repuestos e insumos lo cual implica que no se tenga una estandarización para la operación de equipos de las áreas de comunicaciones, vigilancia, radio ayuda, meteorología y energía (CNS/MET/ENE). Si bien cada Dirección Regional se debe regir bajo las mismas políticas de mantenimiento, cada una ópera de manera independiente con resultados sin procedimiento, no hay indicadores entre ellas.

Existen normas que definen la existencia y manejo de procedimientos para los equipos de cada una de las áreas, manejo regional a nivel nacional. Esta definición normativa tiene alcance hasta la gestión de mantenimiento de los equipos.

Estas condiciones nos indican que hay una oportunidad de mejora en el mantenimiento a nivel nacional, durante la ejecución del proyecto, estas métricas se compararán con la situación actual en la Aerocivil.

- a. Enunciado del problema: Regionalmente los procedimientos no se aplican adecuadamente resultando en la ausencia de rutinas predictivas y preventivas.

El mantenimiento la gran mayoría de correctivos que generalmente se soluciona vía proyectos de reemplazo de equipos, representando indisponibilidad de los servicios y reemplazo continuo de los mismos lo que ocasiona centro de costos, incidentes.

- b. Alcance del problema: El alcance del proyecto va hasta la aplicabilidad de Circular Normalizada No. 036 y la definición de la metodología para que sea aplicada en las seis regionales de la Aerocivil.

1.2. Formulación del problema

- ¿Plantear un plan de mantenimiento general basado en optimización de mantenimiento preventivo, reducirá el porcentaje de intervención correctiva?

El 21 de abril del 2022 en la plataforma isolución se subió un hallazgo # 3949 el cual informa ausencia de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo único, se necesita un formato estandarizado.



Hallazgos #3949


Tipo Hallazgos	Fecha de Registro 21/abr./2022	Proceso GESTIÓN DE TECNOLOGÍA CNS/MET/ENERGÍA/AYUDAS VISUALES	Enviar A Juan Camilo Vasquez Montoya
Area Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea	Numero de Auditoria AUDITORÍAS INTERNAS DE CALIDAD CICLO 2013 - NTC GP 1000:2009 GESTIÓN DE EVALUACIÓN Y ASESORÍA AL SISTEMA DE CONTROL INTERNO No. 1	Reportado por Carlos Enrique Bacca Acosta	Es Observación <input type="checkbox"/>
Fuente Origen Fuente Origen	Entes de Control OCI	Área Oficina de Control Interno	Oficina Direccion General
		Vigencia Auditoria VIGENCIA - 2021	Ciudad Bogota
			Efecto Hallazgo N/A

Descripción de los hechos acciones correctivas

Hallazgo número 1 – Ausencia de un Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo único, para los equipos de ayudas a la navegación aérea y del procedimiento para su aplicación, manejo, control y medición. Es importante mencionar, que la mayoría de las Direcciones Regionales, disponen de formatos de plan de mantenimiento preventivo y correctivo individuales, los cuales cuentan con estructuras y controles diferentes. Lo anterior, debido a la falta de un formato tipo, es decir, debidamente estandarizado y de obligatorio cumplimiento por parte de los Coordinadores de los Grupos de Soporte Técnico de las Direcciones Regionales, teniendo en cuenta, que los equipos de ayuda a la navegación aérea y las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a realizar son análogos en todas las Estaciones Aeronáutica del País. La ausencia en la Entidad, de un plan de mantenimiento tipo y del procedimiento para su utilización y aplicación, no permite identificar y medir en tiempo real, el estado técnico y de operación de todos los equipos de ayudas a la navegación aérea (VOR, DME, Radars, Equipos de Meteorología, Plantas Eléctricas, Luces de pista, ILS, etc.) a nivel nacional.

Análisis de Causas 
Porqués
Porqué 1

Planes de mantenimientos no unificados

Porqué 2

Formatos de mantenimiento diferentes en las regionales

Porqué 3

Falta de información en tiempo real de la disponibilidad de equipos.

Figura 6. Formulación del problema

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Optimizar el plan de mantenimiento para los equipos de navegación aérea de la Aeronáutica Civil, con el fin de mejorar funcionamiento de los sistemas y equipos de: Comunicaciones, Vigilancia, Radioayudas, Meteorología y Energía CNS/MET/ENE.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar cuáles son los sistemas y equipos, formas de operar y cuáles son los activos de cada área.
- Caracterizar el plan de mantenimiento actual, explicar el funcionamiento y operación de cada área.
- Actualizar y mejorar el diagrama de flujo con un procedimiento para un seguimiento y revisión de los sistemas y equipos de las áreas Comunicaciones, Vigilancia, Radioayudas, Meteorología y Energía CNS/MET/ENE de la Aeronáutica Civil.
- Evaluar estrategias de mejora para el plan de mantenimiento, elaborar formato general de: cronograma, lista de sistemas y equipos instalados, inventario de insumos y repuestos para una revisión y verificación de las diferentes regionales de la Aeronáutica Civil por medio de Telecomunicaciones (DITEL) y SIMOA.

3. Justificación

3.1. Justificación

La Aeronáutica Civil actualmente de intervención de sistemas y equipos son mantenimientos correctivos más del 80% aproximado. Con el proyecto se busca tener un porcentaje de mantenimiento preventivo 80% y correctivo 20% en cada regional con el procedimiento general de la Aeronáutica Civil, esperando los siguientes beneficios:

- Determinar los sistemas y equipos que maneja cada área Comunicaciones, Vigilancia, Radioayudas, Meteorología y Energía CNS/MET/ENE.
- Estandarización de los métodos de trabajo entre las seis Direcciones Regionales Aeronáuticas, logrando a su vez un sentido de pertenencia con la Aeronáutica Civil.
- Renovar diagrama de flujo nombrando y uniendo la intervención dada de cada mantenimiento, correctivo, preventivo y predictivo.
- Evaluar estrategias de mejora para el plan de mantenimiento, elaborar formato general de: cronograma, lista de sistemas y equipos instalados, inventario de insumos y repuestos.

4. Marcos de Referencia

4.1. Estado del arte

4.1.1. Tesis Nacionales

4.1.1.1. Desarrollo de un programa de gestión de seguridad operacional para la

Aviación Civil Colombiana. Universidad de San Buenaventura. Duque Lamir Andrés Felipe, Sarmiento Sierra Nicolás. 2008.

Los autores definen los parámetros necesarios con los que un programa de gestión de seguridad operacional debe contar, así como actividades y recomendaciones para mitigar actos inseguros que afecten la Aviación Civil Colombiana.

Se toma como base, encuestas realizadas al personal en donde se identifica que menos del 54% realiza los reportes de incidentes y accidentes que puedan afectar la aviación.

Teniendo en cuenta que dichos reportes son la base para la disminución de estos incidentes y accidentes, se diseña un proceso para identificar peligros y hacer la gestión de los riesgos, adaptándose a las necesidades de prevención del país, para favorecer el crecimiento aeronáutico, incrementando la confianza de los viajeros y fortaleciendo la cultura de seguridad operacional del personal a cargo de la infraestructura y equipos.

Su importancia radica en que en base a experiencias nacionales e internacionales permitirá al usuario del programa de gestión de seguridad operacional saber qué hacer en caso de presentarse desviaciones y dará herramientas para cumplir con el nivel aceptable de seguridad operacional, siendo la organización la que escoge el cómo llegar a este nivel seleccionando las mejores prácticas de acuerdo con la normatividad y a los recursos disponibles con los que cuenta.

La seguridad operacional es, ante todo, el tema más importante para tener en cuenta en todas las operaciones de aviación. (Lamir et al., 2008).

La gestión de riesgos permitirá identificarlos y tratarlos acorde a la situación operacional que presente la empresa.

El proyecto es relevante desde el punto de vista de la seguridad operacional del sistema aeronáutico colombiano, integrado por múltiples entidades todas regidas por la Aerocivil, entre las que se encuentran los propietarios y usuarios de las aeronaves, proveedores de servicios, aeropuertos, organismos de mantenimiento, instituciones de enseñanza, etc. Recalca que el programa de seguridad operacional es susceptible de fallas dadas por el uso o desuso en que caiga por parte del personal de las entidades interesadas por lo que requiere del cumplimiento y vigilancia de las autoridades correspondientes.

4.1.1.2. Lineamientos de Mantenimiento para los Sistemas Aeronáuticos de Radioayudas en el Territorio Nacional. Universidad Santo Tomas. Alexander Huertas Guaqueta. 2020.

Esta tesis realizó un análisis comparativo del tema particular, teniendo la visión actual de la infraestructura aeronáutica en Colombia y su relación con las tecnologías de la información y comunicaciones para finalmente identificar cuáles recomendaciones y normativas son aplicables en Colombia. Como resultado, se obtiene una propuesta de normatividad en la cual se determinan los planes de mantenimiento con base en la recopilación y análisis de la información obtenida de las entidades oficiales internacionales, los fabricantes y la actual normatividad.

La Aeronáutica Civil como entidad encargada de regular y velar por la seguridad de los usuarios del espacio aéreo, atendiendo las recomendaciones impartidas por la Organización de Aviación Civil Internacional, genera los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos, cuyo objetivo es mitigar los riesgos operacionales a los operadores aéreos, las organizaciones de mantenimiento a los aeropuertos, a los proveedores de servicios de navegación aérea y en general a los usuarios del transporte aéreo. El sector del transporte

modo aéreo se beneficia de cada una de las directrices impartidas en estos reglamentos, por lo que deben ser considerados por los fabricantes de tecnologías que soporten los sistemas para la navegación aérea.

Se identifican y describen las normas y recomendaciones vigentes emitidas por entidades competentes y profesionales en el campo de la aviación para el mantenimiento de radioayudas para sistemas de navegación aérea que brindarán las principales especificaciones que se deben incluir en el mantenimiento, tales como su control y vigilancia. Necesario Se incluye esta información porque es necesario conocer la normativa aeronáutica y/o la normativa de equipos de radio en Colombia, países de Sudamérica y el mundo para poder analizar los pros y los contras del mantenimiento de equipos de radio que actualmente se maneja en el país, al tiempo que determina qué parámetros implementados en otros países pueden aplicar en Colombia.

La Aeronáutica Civil de Colombia cuenta con una infraestructura de sistemas de radioayudas para la navegación aérea a lo largo y ancho del país, para poder garantizar las aerovías a las aeronaves que sobrevuelan el espacio nacional, este servicio está incluido en el cobro que realiza el Estado Colombiano por el derecho a uso de su espacio aéreo. (*NOTA DE ESTUDIO__Infraestructura y Sostenibilidad Ambiental.pdf*, s. f.)

4.1.1.3. Desarrollo sostenible de la infraestructura aeronáutica en el sistema de aviación civil en Colombia: retos y oportunidades, Aeronáutica Civil. Édgar Jiménez Pérez, (s.f.)

“Colombia espera un crecimiento en la demanda de servicios a la aviación civil que impondrá mayores exigencias sobre la infraestructura aeronáutica que soporta los servicios aeroportuarios y de navegación aérea. Indudablemente, tal crecimiento también se asocia a un incremento en el impacto ambiental y social de la aviación que pone en riesgo la sostenibilidad del sistema de aviación civil y desafía los compromisos de Colombia para enfrentar el calentamiento global.”

Existen tres oportunidades de intervención dentro de la línea de acción de infraestructura y sostenibilidad ambiental:

- Desarrollo sostenible de la infraestructura para los servicios de navegación aérea.
- Desarrollo sostenible de la infraestructura para los servicios aeroportuarios
- Reducción y compensación del impacto ambiental

El sistema de aviación civil hace uso de la infraestructura aeronáutica conforme a las necesidades de los diversos tipos de proveedores de servicios: operadores de aeronaves, organizaciones de mantenimiento, organizaciones de diseño o fabricación de aeronaves o partes, servicios de escala (handling), centros de instrucción aeronáutica, explotadores de aeródromo, y proveedor de servicios a la navegación aérea.

Dado el crecimiento sostenido que ha tenido la aviación comercial en las últimas décadas, aunado al incremento en la eficiencia energética de otros sectores, inevitablemente la aviación será responsable por una proporción cada vez mayor de emisiones contaminantes.

Las metas a nivel nacional, regional y local pasan por promover la sostenibilidad de todo el sistema de aviación civil. En particular, para explorar oportunidades más allá de la operación de aeronaves, promoviendo mejoras en las operaciones en tierra de aeronaves y vehículos de servicios aeroportuarios y de escala (handling), en la eficiencia energética de los aeropuertos y otras instalaciones, así como en el acceso de pasajeros, empleados y visitantes a los aeropuertos del País.

4.1.1.4. Mejoramiento en la Gestión de los Activos Aeroportuarios en Colombia,

Universidad Militar Nueva Granada, Juan Carlos Yopasa Pinzón.2014

Este documento analiza la gestión efectiva de activos en los aeropuertos, sus procesos de mantenimiento y propuestas de mejora en cada uno de ellos, así como las recomendaciones para tener en cuenta en el momento de implementar un programa de

mantenimiento de activos aeroportuarios, para lograr una gestión efectiva y generar valor de los activos aeroportuarios. Se describe la situación actual de los procesos de mantenimiento que se desarrollan en los aeropuertos de Colombia por parte de los operadores y concesionarios de estos, mostrando un análisis general de las áreas de los aeropuertos, el estado actual de los aeropuertos colombianos en cuanto a infraestructura se refiere, el marco legal para el desarrollo de las actividades de mantenimiento y las rutinas y procedimientos que se deben llevar a cabo en cada uno de los equipos y sistemas que hacen parte de la infraestructura para lograr una gestión efectiva de activos aeroportuarios, mejorando los tiempos y movimientos, manteniendo los equipos y sistemas disponibles y disminuyendo costos; siempre garantizando la seguridad operacional y la confiabilidad

También describe como la Infraestructura aeroportuaria en Colombia tiene 20 años de retraso en comparación con los aeropuertos más importantes de América Latina. el sistema de comunicaciones y el soporte de radio están desactualizados en algunas áreas no hay mejoras, reemplazo mayor o revisión. estas muchas veces se ignoran y son necesarios para mantener unas condiciones óptimas de funcionamiento y seguridad.

También resalta como positiva la influencia de la Autoridad de Aviación y la Organización de Aviación Civil Internacional (Organización de Aviación Civil Internacional); Por ser las entidades que rigen la aviación civil, tienen como propósito garantizar la seguridad de la aviación civil.

La calidad de servicio y seguridad operacional, se logran mantener una infraestructura adecuada y desarrollando una buena gestión en términos de gestión de activos.

Se debe prestar atención al mantenimiento de la infraestructura y la creación de métodos de trabajo a través de software CMMS usando un enfoque CMD (Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenimiento) e implementar flujos de trabajo, asegurando la trazabilidad general del mantenimiento de los equipos.

El mantenimiento del aeropuerto requiere equipo especializado, especialmente para los sistemas electromecánicos son costosos pero predecibles con el tiempo

Son dispositivos que ayudan a reducir costos y permitirán el desarrollo efectivo de los procesos productivos antes mencionados. El objetivo del Mantenimiento es reducir los accidentes en las operaciones de vuelo, mejorar la seguridad operacional, Todas las actividades de gestión se centran en la satisfacción de los clientes internos y externos. Se analiza la actual gestión de mantenimiento de los operadores aeroportuarios, Indicar y recomendar vulnerabilidades y amenazas a las operaciones Mejoras en los procedimientos de mantenimiento de las instalaciones aeroportuarias, demostrando Beneficios de una gestión eficaz de activos con operaciones basadas en el mantenimiento El tema de análisis y recomendación de infraestructura que permita respetar el marco legal Establecido por la ley colombiana.

Este documento analiza la gestión eficaz de los activos aeroportuarios, los procedimientos de mantenimiento y las recomendaciones para mejorar cada activo aeroportuario, así como recomendaciones para tener en cuenta al implementar un programa de mantenimiento de activos aeroportuarios, con el fin de lograr una gestión eficaz y la creación de valor del activo aeroportuario. Origen. Describe el estado actual de los procedimientos de mantenimiento en los aeropuertos colombianos construidos por operadores y concesionarios, y muestra un análisis general de las áreas aeroportuarias, y el estado actual de los aeropuertos colombianos en términos de infraestructura de instalaciones. actividades, operaciones y procedimientos de mantenimiento a implantar tanto en los equipos como en los sistemas que forman parte de la infraestructura para lograr una gestión eficaz de los activos aeroportuarios, mejorar los tiempos y la movilidad, mantener la disponibilidad de los equipos y pedidos y reducir los costes; Garantizar siempre un funcionamiento seguro y fiable.

La gestión de activos aeroportuarios en Colombia exige el mejoramiento a través de

un programa eficaz de mantenimiento de la infraestructura que cree valor en cada área del aeropuerto, asegurando confiabilidad, Disponibilidad y mantenibilidad de cada recurso. Esto debe ir de la mano con recursos humanos especializados en cada área de conocimiento requerida, Utilizando los mejores materiales, organizando los recursos necesarios utilizando el programa adecuado de Gestión del mantenimiento, que permita el seguimiento de estas operaciones.

4.1.1.5. Caracterización sectorial Sector aeronáutico Subsectores mantenimiento aeronáutico y servicios a la navegación aérea, Ministerio De Defensa, 2017

El presente documento presenta la situación actual y evolución del sector aeronáutico nacional e internacional del sector defensa contextualizado para el sector civil, en términos de entorno organizacional, marco regulatorio, políticas, planes, programas y proyectos, inversiones, entre otros aspectos, con enfoque en el mantenimiento aeronáutico y los servicios a la navegación aérea, teniendo en cuenta que son estos los subsectores tomados como piloto para la construcción del primer Catálogo de cualificaciones del sector aeronáutico y que se espera que posteriormente incluya todas las actividades aéreas.

La actividad aeronáutica denominada operación de infraestructura aeronáutica y servicios de protección y apoyo al vuelo incluye los servicios a la navegación aérea que son los que se proveen a las aeronaves para que vuelen de manera eficiente y segura de un destino a otro. Según el RAC 6 el término servicios a la navegación aérea “comprende la gestión del tránsito aéreo (ATM), los sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia (CNS), los servicios meteorológicos para la navegación aérea (MET), la búsqueda y salvamento (SAR) y los servicios de información aeronáutica (AIS). Estos servicios se prestan al tránsito aéreo durante todas las fases de las operaciones (aproximación, control de aeródromo y en ruta).” (UAEAC, 2015).

En esta investigación se describe el enfoque mundial del sector aeronáutico y en

especial, de los subsectores mantenimiento aeronáutico y servicios a la navegación aérea, con el fin de entender su dinámica y poder identificar las proyecciones relacionadas con las necesidades dado el crecimiento de las operaciones aéreas.

De igual forma, se resalta la evolución de los subsectores a través del tiempo, tomando como referencia algunos talleres de mantenimiento y proveedores de servicios a la navegación aérea a nivel mundial con más desarrollo en la parte tecnológica y en la implementación de nuevas estrategias enfocadas a optimizar la prestación de estos servicios.

También se presenta el enfoque de la OACI sobre el incremento del tráfico aéreo a nivel mundial a través del Plan Mundial de Navegación Aérea; con la visión de la OACI de lograr un crecimiento sostenible del sistema de aviación mundial, se pretende dar una pauta para que las operaciones aéreas se incrementen de manera segura, dado que si bien es cierto que el crecimiento de la aviación facilita el progreso económico, bajo ciertas circunstancias este crecimiento se puede convertir en algo perjudicial aumentando los riesgos operacionales si se superan los límites de infraestructura existente.

4.1.2. Tesis Internacionales

4.1.2.1. Plan Estratégico del Servicio de Mantenimiento (Semana Perú Sac). PAD Escuela de Dirección – Universidad de Piura, Perú. Gilmer Barboza Vizconde y Claudia Merino Urday. 2018.

El SEMANA PERÚ SAC es una empresa estatal de derecho privado perteneciente a la Corporación FONAFE (Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado) instituida con la finalidad de desarrollar la industria aeronáutica nacional, orientando primordialmente sus actividades hacia el mantenimiento, reparación y fabricación de aeronaves de la Fuerza Aérea del Perú. (Vizconde & Urday, 2018)

Debido a las complejas exigencias sobre los equipos y a que este sector tiene como fin el transporte de pasajeros y carga, se exigen elevados estándares de calidad en ingeniería, capacitación del personal, procesos logísticos y administrativos, así como la atención a requerimientos de carácter internacional, hacen que la seguridad en las operaciones sea valiosa tanto para el cuidado de las vidas como para mantener la rentabilidad de las flotas aéreas permitiendo que se mantengan en el aire según sus itinerarios.

Aquí entran las MRO, por las siglas en inglés de Maintenance, repair and overhaul, como actores claves en la sostenibilidad de las partes asociadas a la aviación comercial, para garantizar estos altos estándares, pero también para actualizar las soluciones según los avances tecnológicos. Siendo de esta manera, la planificación estratégica una herramienta necesaria para garantizar la sostenibilidad de la empresa.

El plan estratégico es la forma de garantizar la atención a la obligación de los clientes, pero también es la representación de organizar los recursos que avalarán la sostenibilidad de la empresa a largo plazo.

4.2. Marco Teórico

4.2.1. Mantenimiento

“El mantenimiento se define como un conjunto de actividades desarrolladas con el fin de asegurar que cualquier activo continúe desempeñando las funciones deseadas o de diseño. El mantenimiento es una función que produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad”. (ingenieriaindustrialonline.com, n.d.)

El mantenimiento debe ser entendido actualmente como una oportunidad para que la misión de la empresa sea alcanzable. Ya quedaron atrás los tiempos en que el mantenimiento era un gasto para la compañía, que solo estaba para cuando los equipos e instalaciones

fallaban. Ahora debe ser visto como un pilar estratégico para el cumplimiento de las metas de la empresa.

Una correcta intervención del mantenimiento, de la mano de una adecuada planeación de la operación, serán claves para garantizar que el producto o servicio sea de la calidad deseada, al precio óptimo y bajo estándares de seguridad que responderán su sustento en el tiempo establecido y apropiado.

4.2.1.1. Objetivos del mantenimiento

“El objetivo del mantenimiento es asegurar la disponibilidad y confiabilidad predicha de las operaciones con respecto de la función esperada, dando cumplimiento además a todos los requisitos del sistema de gestión de calidad, así como con las normas de seguridad y medio ambiente, buscando el máximo beneficio global. Estos objetivos serán los que mencionamos a continuación. (Guapi, 2015)

- Máxima producción. Afirmar la óptima disponibilidad y conservar la fiabilidad de los sistemas, y equipos. Reparar las averías en el menor tiempo posible.
- Imperceptible precio. Minimizar a expresión las fallas, aumentar la vida útil de los sistemas y equipos, manejo óptimo de stock.
- Calidad requerida. Cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar la falla, se debe mantener la calidad requerida.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su sistema, al me-nos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Reducir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.

4.2.1.2. *Funciones del mantenimiento*

Entre las principales funciones del mantenimiento encontramos:

- “Planear, desarrollar y ejecutar los programas de mantenimiento para la maquinaria ya existente.
- Decidir por la reposición y/o modernización de los equipos actuales y llevarlas a cabo si es necesaria.
- Seleccionar el personal adecuado para llevar a cabo estas funciones
- Solicitar herramientas y repuestos.
- Implementar programas y darlos a conocer al personal encargado del área de mantenimiento, con el fin de realizar evaluaciones periódicas.
- Crear los mecanismos de control para el seguimiento del desarrollo de las funciones de mantenimiento”. (Rivera, n.d.)

4.2.1.3. *Tipos de mantenimiento*

Mantenimiento correctivo.

“Es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos después de que se produce la falla”. (Reinvalca, n.d.)

Ventajas:

- Justificado únicamente en situaciones de si el equipo está preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.
- No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto, el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.

- Paros no críticos en producción

Desventajas:

- Imprevisión avería (personal, stock, etc.)
- Posibilidad extensión de fallo (costo)
- Inseguridad del operario
- Mayor tiempo y costo de reparación
- Mayor parada y costo de pérdida de producción.

Mantenimiento Preventivo.

“Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de los sistemas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc. Se hacen intervenciones determinadas antes de los fallos, con el mecanismo o método en funcionamiento, para evitar posteriores averías, garantizando un periodo de uso fiable, se busca reducir fallos en servicio, reducir costos, aumentar disponibilidad, durabilidad garantizando la seguridad”. (Reinvalca, n.d.)

Ventajas:

- Disminuye costes y tiempos de reparación (todo preparado)
- Menos reparaciones imprevistas
- Mayor calidad de producto

- El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.
- Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

Desventajas:

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.

Mantenimiento RCM.

“La metodología RCM facilita la identificación de modos de falla y ayudando a priorizar estos, reflejando la importancia de los mismos hacia la funcionalidad del sistema, además se dice que se deben de alcanzar estos objetivos identificando la necesidad de ser efectivos en los costos de las actividades preventivas realizadas.

Siendo mencionados los principales objetivos a alcanzar con el RCM identificamos entonces que el proceso provee una justificación racional de por qué son realizadas y seleccionadas ciertas actividades preventivas para preservar la funcionalidad de cada uno de los sistemas, basado en un conocimiento a fondo de los equipos, identificando y eliminando los posibles modos de falla que afectan la confiabilidad del sistema”. (medina, 2016)

Pasos de implementación:

- Listado y clasificación de equipos
- Listado de funciones y sus especificaciones
- Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos
- Determinación de los modos de fallo
- Estudio de las consecuencias de los fallos. Criticidad
- Determinación de las medidas preventivas
- Agrupación de las medidas preventivas
- Puesta en marcha de todas las medidas preventivas que van a ser tomadas

Mantenimiento Productivo total:

“Es una filosofía originaria de Japón, el cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción industrial. Radica en el cambio de percepción que algunas personas tienen en la organización; el mantenimiento es visto como un gasto a minimizar y no como verdaderamente lo puede ser, como una inversión que traerá mejoras en la producción, la calidad, la productividad y la competitividad en el mercado.

Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa "El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos".
(ingenieriaindustrialonline.com, n.d.)

Objetivo:

- Cero accidentes
- Cero defectos.
- Cero fallas

Pasos de implementación:

- Trazo de objetivos claros por directivas de la organización.
- Creación de equipos encargados de planear como difundir y comunicar la metodología a la empresa.
- Nombramiento de personal encargado de capacitar a colaboradores y trabajadores llamados ‘multiplicadores’.
- Generación de grupos interdisciplinarios.
- Cambios organizacionales para la mejora de relaciones.
- Empoderamiento a los trabajadores de toda la empresa.

Técnicas involucradas:

5 S

- Seiri / Clasificar. Definición: Separar innecesarios, pretende eliminar lo innecesario en el espacio de compromiso.
- Seiton / Ordenar. Definición: Situar necesarios, pretende: Organizar apropiadamente los elementos a usar en el espacio de adeudo
- Seiso / Limpiar: Definición: Eliminar suciedad, pretende: Un lugar limpio no es el que más se limpia sino el que menos se ensucia
- Seiketsu / Estandarizar: Definición: Señalizar anomalías, pretende: Detectar situaciones irregulares o anómalas, mediante normas sencillas y visibles
- Shitsuke/ Entrenamiento y autodisciplina: Definición: Mejorar continuamente, pretende: Trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas

Desventajas

- Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.

Mantenimiento autónomo

“Es básicamente prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos. El mantenimiento llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del equipo. Esta será participación del "apartado" producción o del operador dentro del TPM, en la cual mantienen las condiciones básicas de funcionamiento de sus equipos”. (solomantenimiento.com, n.d.)

Este Mantenimiento Incluye:

- Limpieza diaria, que se tomará como un Proceso de Inspección.
- Inspección de los puntos claves del equipo, en busca de fugas, fuentes de contaminación, exceso o defecto de lubricación, etc.
- Lubricación básica periódica de los puntos claves del equipo.
- Formación - Capacitación técnica.
- Reportar todas las fallas que no puedan repararse en el momento de su detección y que requieren una programación para solucionarse.

“Se necesita que cada persona pueda contribuir en gran manera a la perfecta realización del mantenimiento del equipo que opera. Las actividades de mantenimiento liviano o de cuidado básico deben asumirse como tareas de producción.

Para ello, por supuesto cada operario ha recibido entrenamiento-capacitación en los aspectos técnicos de planta y conoce perfectamente el funcionamiento del su equipo, este podrá realizar algunas reparaciones menores y corregir pequeñas deficiencias de los equipos. Esta capacitación le permitirá desarrollar habilidades para identificar cualquier anomalía en su

funcionamiento, evitando que después se transformen en averías importantes o repetitivas, si no se les da un tratamiento oportuno. Los trabajadores deben estar suficientemente formados para detectar de forma temprana esta clase de anomalías, y poder evitar así la presencia de fallos en su equipo y problemas de producción y/o calidad. El operario competente puede detectar las causas de la suciedad o desajustes y corregirlas oportunamente, con sus propias manos y herramienta, sin necesidad de actuar el Dpto. de Mantenimiento.

La capacitación del Operador Implicado en Tareas de Mantenimiento Autónomo debe constar, además de un alto conocimiento de su Equipo, de principios de elementos de máquinas, Física y dinámica de maquinaria, mediciones básicas, sistemas neumáticos, lubricación, electricidad y electrónica básica, seguridad en el trabajo, planos”. (solomantenimiento.com, n.d.)

Mantenimiento reactivo.

Las actividades de mantenimiento correctivo corresponden a las realizadas por el funcionario técnico ATSEP (Profesionales en Electrónica para la Seguridad del Tráfico Aéreo) habilitado y entrenado, este personal se encuentra disponible en turnos, con el fin de intervenir en el mantenimiento reactivo esto hace referencia a que se lleva a cabo sólo después de que la máquina falla o experimenta problemas, es decir, el ATSEP (Profesionales en Electrónica para la Seguridad del Tráfico Aéreo) solo actuará cuando se presenta un error o una falla en el sistema. En este caso, si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores., Llegar a este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Interrupciones en la prestación de los servicios aéreos de navegación
- Aumento del riesgo operacional.

- Afectación a la gestión del flujo, es decir, interrumpe la eficiencia del sistema.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos disponibles no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

Actividades de monitoreo, gestión y control

Para ejercer cuidadosamente las actividades de mantenimiento, están dispuestos sistemas de monitoreo, gestión y control, que permiten vigilar cuidadosamente el comportamiento del sistema y ejercer control sobre el mismo para poder disponer procedimientos básicos sobre los sistemas equipos que conforman el SINEA con el objeto de garantizar su operación. Estas actividades ayudarán a que el personal técnico sepa cómo está el estado del sistema y también se podrán detectar a tiempo posibles dificultades.

Usualmente se dispondrá de un sistema central que monitorea, gestiona y con sola una estación aeronáutica o sistema que es parte de ella (el control puede ser sobre el equipo en general, sistemas mecánicos, grupos electrógenos, etc.). (Civil, 2006)

Quien ejerce el monitoreo tiene la obligación de la retroalimentación o (feedback) como función organizacional compartiendo observaciones, preocupaciones y sugerencias, con la intención de recabar información para mejorar o modificar diversos aspectos del funcionamiento del SINEA. (Civil, 2006)

Indicadores de Gestión

Cada Coordinador de Grupo Soporte de las Regionales o Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea debe mantener actualizada por intermedio el Supervisor de Mantenimiento las Bases de Datos de los equipos/sistemas a su

cargo, las que están dispuestas en SIGMA (como único sistema autorizado y avalado por la Entidad), sobre los cuales estará realizando una consolidación estadística mensual de los Indicadores de Disponibilidad de cada uno de los sistemas del CNS: Telecomunicaciones Aeronáuticas, Ayudas la Navegación, Vigilancia Aeronáutica, Sistemas Meteorológicos que soportan el SINEA. Para tal efecto se tendrá como referencia la siguiente fórmula:

- Confiabilidad (MTBF): Característica de un equipo, instalación o línea de fabricación que se mide por el tiempo promedio en que puede operar entre fallas consecutivas.
- Mantenibilidad (MTTR): Es el tiempo promedio requerido para reparar la falla ocurrida. Está influenciada por el diseño del equipo y el modo en que se encuentre instalado.
- Eficiencia de la Organización de Mantenimiento (MWT): Es el tiempo promedio que se espera por la llegada de los recursos de mantenimiento cuando ocurre una parada (MWT). Está influenciada por la organización y estrategias usadas por producción y mantenimiento.
- Disponibilidad (Availability) (A): Característica de un equipo, instalación, línea de fabricación que expresa su habilidad para operar sin problemas. Depende de los atributos del sistema técnico y de la eficiencia y eficacia de la gestión de mantenimiento.

(SÁNCHEZ)

$$A = \text{MTBF} \times 100 / \{ \text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{MWT} \}$$

4.2.2. Mantenimiento Estratégico

Los procesos son normalmente afectados por un sin fin de razones, ocasionando que en la mayoría de las veces los resultados deseados no sean alcanzados, o sean alterados.

(Tavares - *Administración Moderna de Mantenimiento*, 2000)

De esta manera es importante que las áreas de mantenimiento organicen sus actividades de manera estratégica, teniendo en cuenta el análisis de las condiciones históricas de la empresa, el presente productivo y la sostenibilidad a largo plazo, considerando actores fundamentales como el talento humano, los procesos productivos, la capacidad financiera y la satisfacción del cliente final junto con el cumplimiento de las expectativas de los inversores.

Así pues, el mantenimiento pasa por una definición de estrategia en donde la empresa escoge, por ejemplo, el nivel de correctivo aceptable según sus condiciones de producción y financieras, incluso se puede definir como estrategia llevar los equipos a falla si su costo de reemplazo y criticidad sobre el proceso productivo lo permiten. Se seleccionarán las intervenciones y rutinas a realizar de acuerdo con la producción requerida, a las características de los equipos y a la vida útil estimada de los mismos. Incluso es aceptable que una empresa decida tercerizar su mantenimiento para enfocarse completamente en las actividades que le generen valor.

Dentro de la estrategia de mantenimiento seleccionada, se contará con un seguimiento y control a variables básicas y comunes para la mayoría de los procesos productivos, tales como:

- Control del error humano
- Disminuir retrabajos
- Optimización del consumo de recursos energéticos y adherencia a la normatividad ambiental
- Encontrar el tamaño óptimo de la plantilla de mantenimiento, ya sea con personal directo o a través de la tercerización
- Contribuir a las metas de producción con la calidad planeada.

La mayoría de las estrategias de control van ligadas a los conceptos de retroalimentación o mejora continua que permite ajustar dinámicamente los resultados del

proceso y anticipación generalmente basada en técnicas predictivas que prevén un conjunto futuro de hechos que podrán afectar de manera positiva o negativa el proceso.

La clave de una planeación estratégica en mantenimiento es alinear los objetivos del área de mantenimiento con los objetivos que debe cumplir la empresa y de ahí generar el cuadro de mando que permitirá adaptar la estrategia del área de mantenimiento según las condiciones cambiantes del entorno, pero siempre con foco en el objetivo general de la empresa.

4.2.3. Marco Legal numeral

4.2.3.1. Resolución # 01140 del 01 de junio de 2022

Funciones de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil Aerocivil:

- Dirigir, planificar, operar, mantener y proveer, en lo de su competencia, los servicios de navegación aérea y los servicios aeroportuarios.
- Asegurar el desarrollo de la gestión de la seguridad operacional y de la seguridad de la aviación civil.
- Ejecutar las actividades necesarias para administrar, mantener y operar la infraestructura aeronáutica de su competencia.

Funciones de la Secretaría de Servicios a la Navegación Aérea:

- Definir y asegurar la planeación, provisión, verificación, control, evaluación y mejoramiento, de manera articulada con sus direcciones, para la prestación y mantenimiento de los servicios del sistema de navegación aérea: Gestión del tránsito aéreo (ATM); gestión de la información aeronáutica (AIM); gestión de la información meteorológica aeronáutica (MET), Búsqueda y Salvamento (SAR) y Sistemas de comunicaciones, navegación, vigilancia aeronáutica, (CNS), sistemas de meteorología

aeronáutica, automatización y cualquier otro necesario para la prestación de dichos servicios de acuerdo con la necesidad operacional de corto, mediano y largo plazo.

4.2.3.2. POLÍTICA DE OPERACIÓN USO SIMOA ABRIL-26-2022

El Personal ATSEP, y demás personal relacionado, que ejerza funciones de gestión y mantenimiento de los servicios aeronáuticos y aeroportuarios, de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, se Compromete a:

- Registrar en el SIMOA, las órdenes de trabajo, diligenciando los datos de insumos, repuestos, herramientas y logística necesaria para el desarrollo de las actividades y desplazamiento a cada estación, al inicio de cada turno operativo en las estaciones aeronáuticas y cuando se desplacen en comisión de servicios para atender un evento de mantenimiento.
- Cargar los planes de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los equipos y sistemas instalados en cada estación aeronáutica, adscrita al Grupo Regional de Mantenimiento de los servicios de navegación aérea.
- Cerrar las órdenes de trabajo anteriores e informar al supervisor de mantenimiento la orden en desarrollo, para que se autorice el reconocimiento de los viáticos.
- Prestar el servicio de mantenimiento a los servicios de navegación aérea, que debe ejecutarse en todas las estaciones aeronáuticas a nivel nacional, según demande la categoría de la estación.
- Registrar las novedades o eventos de falla, que se presenten durante la actividad de mantenimiento, (disponibilidad de equipos y servicios) en el SIMOA, responsabilidad del supervisor técnico de turno.
- Diligenciar la lista de chequeo diseñada para los turnos operativos en las estaciones aeronáuticas, disponibles en el SIMOA.

- Registrar los planes de mantenimiento preventivo de los sistemas, subsistemas y equipos que requieran ser certificados con una determinada periodicidad, para que el sistema active las alarmas y la generación oportuna de las ordenes de trabajo.
- Validar la coherencia de los informes de la disponibilidad de equipos y servicios generados por el SIMOA, frente a la visualización de los mapas geográficos de disponibilidad de equipos y servicios del SIMOA.
- Mantener la sostenibilidad de la información, actualizar las parametrizaciones y la distribución de los roles de trabajo en el SIMOA, actividades que ejecutarán los coordinadores de los grupos internos de trabajo de la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea y el coordinador de grupo de mantenimiento de los servicios de navegación aérea en cada Regional.
- Realizar inventario de los equipos, repuestos e insumos, existentes en los diferentes almacenes y/o laboratorios técnicos, para lograr una adecuada utilización de estos, registrándose en las órdenes de trabajo, para contribuir a la actualización del SIMOA y optimizar recursos.
- Cumplir con la aplicación del Manual del Usuario Técnico de Mantenimiento de Estaciones y turnos operativos de los Sistemas de Navegación Aérea.
- Aplicar y/o utilizar el plan de contingencia, contemplado en el Manual del Usuario Técnico de Mantenimiento de Estaciones y turnos operativos de los Sistemas de Navegación Aérea, en los eventos en los que el sistema se encuentre inoperativo o cuando en las estaciones aeronáuticas no tengan instalados la red de internet, en tal caso, los registros de mantenimiento deberán ser entregados a la respectiva Coordinación Regional

de Mantenimiento de los servicios de navegación aérea, para su incorporación en el sistema.

Para el cumplimiento de estas políticas, se hará uso del Manual del Usuario Técnico de Mantenimiento de Estaciones y turnos operativos de los Sistemas de Navegación Aérea.

5. Marco Metodológico

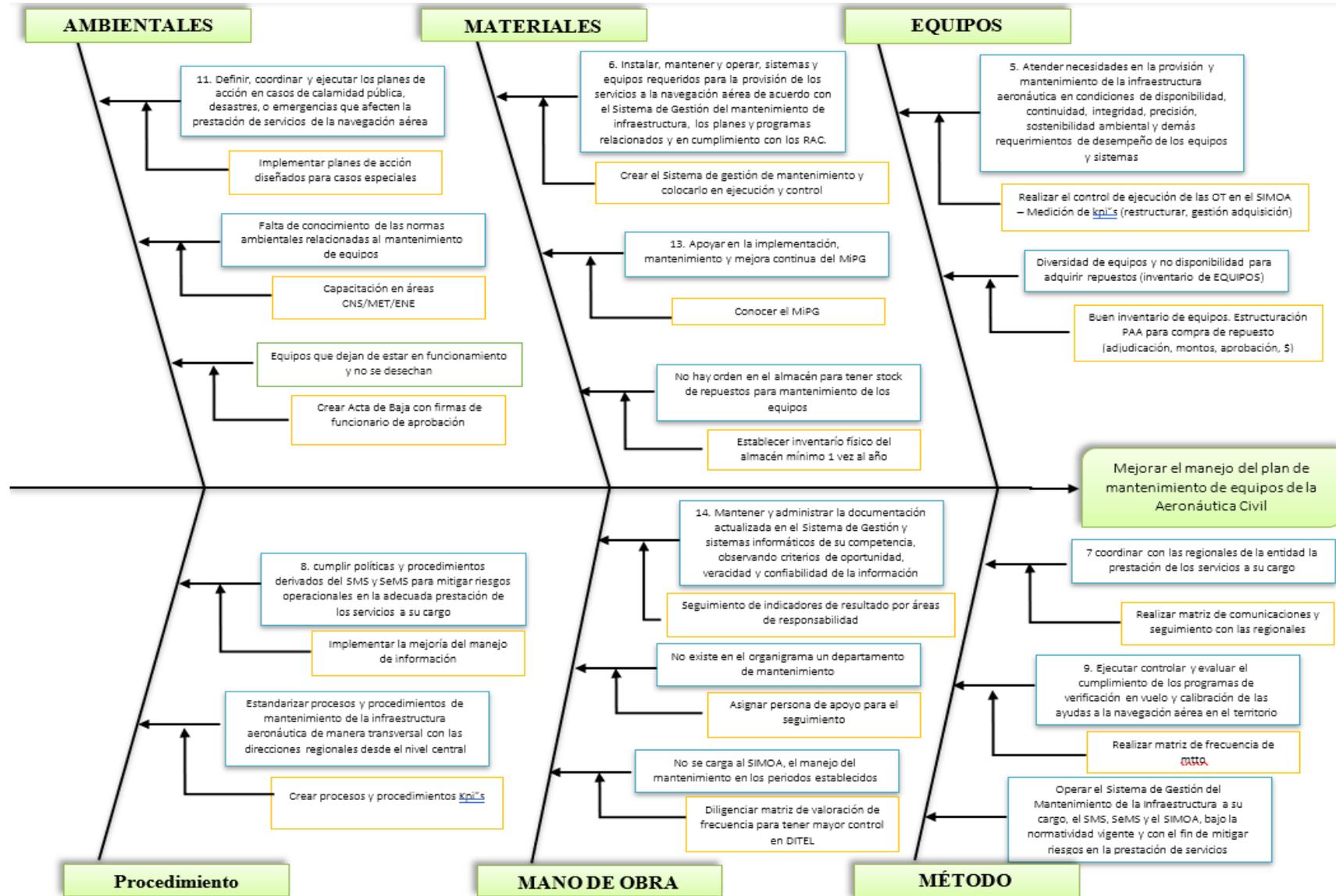
La investigación consiste en diseñar un diagrama de mantenimiento general con procedimiento y formatos para la Aeronáutica Civil en el manejo de mantenimiento unificado y proactivo.

Actualmente en la entidad cada grupo regional maneja su método autónomo de mantenimiento de sistemas y equipos de las áreas Comunicaciones, Vigilancia, Radioayudas, Meteorología y Energía CNS/MET/ENE. No hay un registro y control actualizado de que intervención que se realizó en cada sistema. Con el proyecto se plantea llevar una gestión de mantenimiento unánime para tener una trazabilidad de sistemas y equipos.

Los pasos para desarrollar dicho plan fueron:

- Identificar posibles causas del problema específico del mantenimiento de las áreas CNS/MET/ENE.
- Identificar los sistemas y equipos de las áreas CNS/MET/ENE, por medio de la regional Centro Sur.
- Diseñar diagrama de flujo, definiendo mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo con el fin de llevar un proceso y seguimiento de los sistemas y equipos de las áreas CNS/MET/ENE.
- Elaborar procedimiento de gestión de mantenimiento de sistemas y equipos CNS/MET/ENE.
- Diseñar Cronograma de gestión del mantenimiento de sistemas y equipos.
- Diseñar formato de lista de chequeo con sistemas y subsistemas para revisión diaria, en base de la regional Centro Sur

5.1. Diagrama Ishikawa



5.2. Propuesta de solución

Tabla 1

Jerarquización diagrama causa y efecto. Fuente: Autor 2022

JERARQUIZACIÓN DIAGRAMA CAUSA EFECTO	
CATEGORIAS DE ANÁLISIS	PORCENTAJE (%)
MÉTODO	35
Cada regional maneja su plan de mantenimiento he intervención del sistema y equipo de formas y procedimientos independientes	20
No hay un seguimiento y soporte a tiempo real de la operación realizada de mantenimiento	15
MANO DE OBRA	15
No es retroalimentado en el sistema SIMOA los mantenimientos en los periodos establecidos	10
No existe en el organigrama un departamento de mantenimiento	5
PROCEDIMIENTO	15
No se cumple políticas y procedimientos derivados del SMS, SeMS para mitigar riesgos operacionales	5
No existe un listado del sistema o equipo que tipo de intervención se realizo	10
EQUIPOS	10
Diversidad de equipos y no disponibilidad para adquirir repuestos	5
Atender la necesidad en la provisión y mantenimiento de la infraestructura de sistemas y equipos	5
MATERIALES	15
No hay orden en el almacén para tener stock de repuestos para mantenimiento de los equipos	10
Instalar, mantener y operar sistemas y equipos requeridos para la provisión de los servicios	5
AMBIENTALES	10
Equipos que dejan de estar en funcionamiento y no se desechan	5
Falta de conocimiento de las normas ambientales relacionadas al mantenimiento de equipos	5
TOTAL	100

5.3. Análisis diagrama causa y efecto

La tabla anterior es el resultado de ponderar las diferentes categorías para evaluar cuales son consideradas las de más importancia. En este caso, son de método, mano de obra, procedimientos y materiales las categorías más relevantes e influyentes.

La categoría método obtuvo mayor porcentaje porque cada regional maneja su plan de mantenimiento e intervención del sistema y equipo de formas y manejos independientes a su modo al no existir un procedimiento general de mantenimiento para todas las regionales, las acciones que se toman son puramente correctivas y cada una a su modo.

La categoría mano de obra y procedimiento son la segunda más influyente porque no existe en el organigrama de la entidad un departamento de mantenimiento, no es retroalimentado en el sistema SIMOA los mantenimientos en los periodos establecidos.

La categoría de materiales es la tercera más influyente, ya que en esta no se encuentra establecidos listado de repuestos, orden en los almacenes y la mayoría se apoya solo en el almacén principal.

Razón por la cual si se establece en la entidad un departamento de mantenimiento donde se diseñe; cronograma, procedimiento, manuales de cada sistema y equipo se podría mejorar la confiabilidad y funcionamiento de las áreas CNS/MET/ENE (Comunicaciones, Radioayudas, Vigilancia. Meteorología, Energía).

5.4. Fases de estudio

DIAGRAMA DE GANTT EJECUCIÓN DEL PROYECTO							
Fases	Actividad	MES					
		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
DIAGNÓSTICO	1.1	Recopilar las actividades de obligatorio cumplimiento para la ejecución del mantenimiento	Ejecutado				
	1.2	Revisar el cumplimiento de las actividades de mantenimiento de cada dependencia	Ejecutado				
	1.3	Revisar las políticas que estén vigentes por decreto para las actividades de mantenimiento	Ejecutado				
	1.4	Investigar como se realizan las actividades de mantenimiento y como esta ejecución impacta la operación	Ejecutado				
	1.5	Reconocer e identificar la desviación en la ejecución del programa de mantenimiento vs las políticas establecidas por cada regional		Ejecutado			
CONTEXTUALIZACIÓN	2.1	Realizar investigación del estado del arte nacional e internacional		Ejecutado			
	2.2	Investigar gestión de mantenimiento o información de origen nacional e internacional de otra entidades de aeronáutica civil			Ejecutado		
	2.3	Inspeccionar resultados en la ejecución del mantenimiento en la aeronáutica			Ejecutado		
ANÁLISIS DE RESULTADOS	3.1	Analizar flujograma y organigrama en el mantenimiento				Ejecutado	
	3.2	Analizar los resultados en el desarrollo de programas de mantenimiento anuales y controles operacionales				Ejecutado	
	3.3	Revisar y proponer cambios en el flujograma del proceso				Ejecutado	
	3.4	Análisis de criticidad en el área objeto de estudio					Ejecutado
	3.5	Simulación de metodología de estudio					Ejecutado
REALIZAR PROPUESTAS	4.1	Realizar la propuesta					Ejecutado
	4.2	Simulación en la propuesta final de mantenimiento					Ejecutado
	4.3	Realizar el informe gerencial de la propuesta final (entregable)					Ejecutado

Figura 7. Diagrama de Gantt: Autor, 2022 1

6. Desarrollo Metodológico

6.1 Proceso para el análisis y diagnóstico de las áreas CNS/MET/ENE

El objeto es establecer los parámetros y criterios de un seguimiento del cronograma establecido para cada regional y los mantenimientos correctivos que se estén manejando, para desarrollar las distintas actividades, así mismo se busca establecer que en la lista de chequeo se anote en las observaciones y se suba al software SIMOA si se presenta una anomalía o defectos del sistema o equipo en las inspecciones.

Para la lista de chequeo se relacionará las acciones del estado actual del sistema y equipo con el fin de verificar el cronograma de mantenimiento preventivo del año 2023 Ver Anexo 3.

Las órdenes de trabajo son elaboradas por el coordinador regional de mantenimiento de sistemas de navegación aérea, este ordena y hace ejecutar en el tiempo establecido el mantenimiento necesario para los sistemas. El personal ATSEP (Profesionales en Electrónica para la Seguridad del Tráfico Aéreo) es el encargado de ejecutar la inspección diaria y de brindar la información necesaria, con el fin de tener una retroalimentación y tomar decisiones a futuro para mejorar y minimizar porcentaje actual de mantenimiento correctivo.

6.2 Identificar sistemas y equipos

Una vez elaborado el análisis de posibles causas de falla en el mantenimiento se tomó como base la regional Centro Sur-Cundinamarca, ya que esta maneja mayores sistemas y equipos a nivel nacional, se realizó un formato completo de sistemas y equipos con las áreas CNS/MET/ENE se envió a cada regional con el fin de que este se ha establecido. Listado de chequeo de sistema y equipos: Ver anexo 4.

Fecha de aprobación: DD/MM/AAAA																												
VCCS FRECUENCIAS NIVEL SUPERIOR						VCCS APROXIMACIÓN BOG						SIMOA	OBSERVACIONES	RESPONSABLES														
NW	NE	SW	SE	SC	SS	SN	SO	FIC								FIRMA TÉCNICO	FIRMA SEMANAL COORDINADOR DE GRUPO REGIONAL											
RADARISTA	PLANIFICADOR	BYPASS	RADARISTA	PLANIFICADOR	BYPASS	RADARISTA	PLANIFICADOR	BYPASS	RADARISTA	PLANIFICADOR	BYPASS	RADARISTA	PLANIFICADOR	BYPASS	RADARISTA	PLANIFICADOR	BYPASS											
88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114		
COMUNICACIONES						VIGILANCIA		ENERGÍA		NAVEGACIÓN		METEOROLOGÍA																

Figura 10. listado de sistemas Centro Sur Fuente: Autor, 2022 2

6.3 Diagrama del proceso

Se diseñó el diagrama de flujo para seguir un procedimiento general para las seis 6 regionales, con el fin de analizar y determinar en qué aspecto se pueden hacer mejoras del manejo actual en la entidad, el Director de Telecomunicaciones es el encargado de hacer seguimiento y verificar funcionamiento del proceso de mantenimiento de las áreas CNS/MET/ENE.

Si en la implementación del diagrama de flujo se sigue con un alto nivel de mantenimiento correctivo, se debe hacer un diagrama Ishikawa para determinar las principales causas de la falla, Ver anexo 5.

6.4 Descripción del diagrama del procedimiento

Tabla 2

Descripción del diagrama de flujo. Fuente: Autor, 2022.

N°	Actividad	Descripción	Control	Responsable (s)	Registro (s)
01	Realizar chequeo obligatorio diario CNS/MET/ENE	El personal ATSEP, realiza chequeo obligatorio diario de los sistemas y equipos a su cargo	Verificar funcionamiento adecuado de sistemas y equipos diariamente	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	Formato Revisión Diaria de Sistemas y Equipos CNS/MET/ENE
02	¿Presenta falla?	Una vez realizado el chequeo obligatorio diario del sistema o equipo CNS/MET/ENE y como resultado de este, determina que este presenta falla, continuar en la actividad No.9. En caso de que los sistemas o equipos no presenten falla, continuar en la actividad N°3.	Cotejar el funcionamiento actual del equipo con el manual de usuario	Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	Formato Revisión Diaria de Sistemas y Equipos CNS/MET/ENE.
03	¿Tiene PdMP o MPP?	El personal ATSEP, revisa el cronograma PdMP o MPP para conocer si el sistema y equipo tiene programado mantenimiento predictivo o preventivo. En caso de que el sistema o equipo tenga programado mantenimiento preventivo o predictivo, continuar en la actividad N°4. En caso de que el sistema o equipo no tenga mantenimiento predictivo o preventivo programado, notificar al coordinador cuando es el próximo mantenimiento.	Comparar información del cronograma PdMP o MPP con la base de datos del SIMOA	Personal ATSEP	Cronograma mantenimiento de sistemas y equipos CNS/MET/ENE
04	Ejecutar PdMP o MPP	El personal ATSEP, ejecuta el PdM o MPP siguiendo las actividades programadas en la Orden de Trabajo.	Verificar que los sistemas y equipos se encuentren en buen estado	Personal ATSEP	Lista de chequeo con el mantenimiento predictivo y/o preventivo realizado
05	Diligenciar OT	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea y su personal ATSEP, describe la falla presentada del sistema o equipo.	Validar antecedentes del sistema o equipo	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA
06	Actualizar estado de sistemas y equipos en el SIMOA	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, actualiza el estado en que se encuentra cada sistema y equipo en el SIMOA.	Verificar que las OT se encuentren al día subidas en el SIMOA	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA
07	Verificar los parámetros de funcionamiento de sistemas y equipos	El personal ATSEP, verifica los parámetros según el manual de funcionamiento de cada sistema y equipos.	Verificar que los sistemas y equipos cumplan con el 100% de parámetros	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA Bitácora física
08	Revisar stock de insumos y recursos para servicio de mantenimiento	El personal ATSEP, revisa el stock de insumos y repuestos físicos e intangibles para realizar el mantenimiento	Ratificar insumos y repuestos	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA
09	Registrar en el SIMOA	El personal ATSEP, registra en el SIMOA, los resultados del chequeo obligatorio, en caso de caída del sistema, registrar en bitácora física.	Revisar que SIMOA se encuentre actualizado con los datos diligenciados en las bitácoras semanalmente	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA Bitácora física

N°	Actividad	Descripción	Control	Responsable (s)	Registro (s)
10	Determinar Afectación del servicio	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE y personal ATSEP, determinan si la falla presentada afecta el servicio. Si la falla afecta la prestación de servicios, continuar con la actividad No.11. En caso de que los mantenimientos a realizar no afecten la prestación del servicio, continuar en la actividad N°14.	Verificar grado de importancia de la falla presentada	Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	AIP/ Página WEB/proveedor de servicios/Gestión de la Información Aeronáutica AIM/ AIP Publicación de Información Aeronáutica.
11	Gestionar NOTAM	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, gestiona el NOTAM relacionado con la falla presentada que afecta el servicio.	Revisar la publicación del NOTAM	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea	AIP/ Página WEB/proveedor de servicios/Gestión de la Información Aeronáutica AIM/ AIP Publicación de Información Aeronáutica. AIP
12	¿Se presenta en el centro de control o torre de control?	El supervisor ATSEP verifica si se reporta la falla desde el centro de control o torre de control. En caso de que se reporte la falla desde el centro de control o torre de control, continuar en la actividad N°13. En caso de que no se reporte la falla desde el centro de control o torre de control, continuar en la actividad N°14.	Verificar en turno	Supervisor ATSEP	SIMOA Bitácora física
13	Diligenciar formato de reporte para observación incidente centro de control y torre de control	El supervisor ATSEP diligencia el formato de reporte para observación incidente de centro de control y torre de control.	Revisar la falla observada por el supervisor ATC	Supervisor ATSEP	Reporte para observación incidente centro de control y torre de control
14	Planear MC	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea y su personal ATSEP, elaboran el plan de mantenimiento correctivo	Verificar manual de funcionamiento del sistema o equipo en falla Validar antecedentes del sistema o equipo	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	Plan de mantenimiento correctivo
15	Diligenciar OT	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea describe la falla presentada del sistema o equipo.	Validar antecedentes del sistema o equipo	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA
16	¿Es necesario tercerizar?	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE y personal ATSEP, definen si cuentan con el personal capacitado para realizar el mantenimiento. En caso de que se cuente con el personal capacitado para realizar el mantenimiento, continuar en la actividad N°15. En caso de que no se cuente con personal capacitado y sea necesario tercerizar el mantenimiento a ejecutar continuar en la actividad N°17.	Verificar la disponibilidad y capacidad del Personal ATSEP	Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA Bitácora física

N°	Actividad	Descripción	Control	Responsable (s)	Registro (s)
17	Designar personal ATSEP	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, designa el personal ATSEP para que ejecute el mantenimiento.	Verificar la disponibilidad y capacidad del Personal ATSEP	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	Correo electrónico
18	¿Se cuenta con los insumos y repuestos para la intervención?	El personal ATSEP, revisa que, en el último inventario de insumos y repuestos para mantenimientos, se encuentren los elementos necesarios para ejecutar el mantenimiento. En caso de que se cuente con los insumos y repuestos necesarios para la intervención, continuar en la actividad N°21. En caso de que no se encuentren los elementos necesarios para realizar el mantenimiento, dirigirse a la actividad N°20.	Verificar el resultado de la revisión del inventario de insumos y repuestos para mantenimientos	Personal ATSEP	Formato 8 Especificaciones técnicas. Lista de Sistemas y Equipos instalados.
19	¿Existe contrato de mantenimiento en ejecución?	El personal ATSEP, consulta si existe los contratos en ejecución o si se está estructurando proyectos para el mantenimiento de sistemas o equipos CNS/MET/ENE. En caso de que exista contrato en ejecución o proyecto en estructuración, dirigirse a la actividad N°18. En caso de que no exista contrato en ejecución, ni proyecto en estructuración, dirigirse a la actividad N°19.	Revisar los contratos de mantenimiento relacionados con los sistemas o equipos que presentan la falla	Personal ATSEP	SECOP II / Proceso de Contratación". Cambiar Fecha de publicación/ Ingresar el número de proceso/ "Buscar". BOG7 Archivo físico
20	¿Incluye insumos y repuestos requeridos?	El personal ATSEP, revisa que, en el contrato de mantenimiento, este incluya insumos y repuestos requeridos para atender la falla del sistema o equipo. En caso de que el contrato de mantenimiento incluya insumos y repuestos requeridos, dirigirse a la actividad N°21. En caso de que el contrato de mantenimiento no incluya los insumos y repuestos requeridos, dirigirse a la actividad N°20.	Revisar formato 13 especificaciones técnicas de los contratos de mantenimiento en ejecución.	Personal ATSEP	Formato 8 Especificaciones técnicas
21	Gestionar proceso de contratación para mantenimiento	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, Coordinador de Grupo CNS/MET/ENE y personal ATSEP, gestionan el proceso de contratación para ejecutar el mantenimiento. Continúa a la actividad N°22.	Revisar el avance de la contratación.	Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SECOP II / Proceso de Contratación". Cambiar Fecha de publicación/ Ingresar el número de proceso/ "Buscar".

N°	Actividad	Descripción	Control	Responsable (s)	Registro (s)
22	Gestionar adquisición de los insumos y repuestos	<p>El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, Coordinador de Grupo CNS/MET/ENE y personal ATSEP, gestionan el proceso de contratación para la adquisición de insumos y repuestos necesarios para el mantenimiento.</p> <p>Continúa a la actividad N°21.</p>	Revisar el avance de la contratación	<p>Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea</p> <p>Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE</p> <p>Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea</p> <p>Personal ATSEP</p>	Publicación en SECOP II Proceso de Contratación". Cambiar Fecha de publicación/ Ingresar el número de proceso/ "Buscar".
23	Gestionar la solicitud de los insumos y repuestos al almacén	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, gestiona la solicitud al almacén de los insumos y repuestos requeridos para el mantenimiento, con el apoyo del personal ATSEP para ejecutar el alistamiento de los recursos.	Verificar que los insumos y repuestos cumplan con las especificaciones requeridas en la solicitud	<p>Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea</p> <p>Personal ATSEP</p>	Formato 8 Especificaciones Técnicas
24	Ejecutar mantenimiento	El personal ATSEP o contratista (según corresponda), ejecuta el mantenimiento correspondiente del sistema o equipo.	Verificar periódicamente el avance del mantenimiento	<p>Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea</p> <p>Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE</p> <p>Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea</p> <p>Personal ATSEP</p>	SIMOA Bitácora física
25	Realizar pruebas	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, Coordinador de Grupo CNS/MET/ENE y personal ATSEP, realizan prueba piloto del sistema o equipo que presento la falla	Verificar el adecuado funcionamiento del sistema o equipo	<p>Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE</p> <p>Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea</p> <p>Personal ATSEP</p>	SIMOA Bitácora física
26	¿Cuáles son los resultados de las pruebas?	<p>El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, Coordinador de Grupo CNS/MET/ENE y personal ATSEP, analizan los resultados obtenidos de las pruebas aplicadas.</p> <p>En caso de que los resultados de las pruebas cumplan con los requerimientos, continuar en la actividad N°25.</p> <p>En caso de que los resultados de las pruebas no cumplan con los requerimientos devolverse a la actividad N°22.</p>	Comprobar el resultado de las pruebas aplicadas teniendo en cuenta el manual de funcionamiento del sistema o equipo	<p>Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE</p> <p>Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea</p> <p>Personal ATSEP</p>	SIMOA Bitácora física
27	Autorizar la puesta en funcionamiento del sistema o equipo	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea, el Coordinador de Grupo CNS/MET/ENE y personal ATSEP, autoriza la puesta en funcionamiento del sistema o equipo	Verificar el adecuado funcionamiento del sistema o equipo	<p>Coordinador de Grupo Interno CNS/MET/ENE</p> <p>Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea</p> <p>Personal ATSEP</p>	SIMOA Bitácora física

N°	Actividad	Descripción	Control	Responsable (s)	Registro (s)
28	¿Se publicó NOTAM?	El personal ATSEP, revisa si se publicó NOTAM. En caso de que se haya publicado NOTAM, continuar en la actividad N°27 . En caso de que no se haya publicado NOTAM, continuar en la actividad N°28 .	Validar existencia de notificación	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea	NOTAM
29	Gestionar cierre del NOTAM	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea gestiona el cierre del NOTAM relacionado con el mantenimiento realizado.	Revisar la publicación del cierre del NOTAM	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea	AIP/ Página WEB/proveedor de servicios/Gestión de la Información Aeronáutica AIM/ AIP Publicación de Información Aeronáutica.
30	Cerrar OT	El personal ATSEP, cierra la orden de trabajo en SIMOA	Revisar cierre de OT en el SIMOA	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA
31	Finalizar diligenciamiento formato de reporte para observación incidente centro de control y torre de control	El supervisor ATSEP termina de diligenciar el formato de reporte para observación incidente centro de control y torre de control.	Revisar OT registrada en el SIMOA	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Supervisor ATSEP	Reporte para observación incidente centro de control y torre de control
32	Efectuar seguimiento SIMOA	El Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea y el personal ATSEP, efectúa seguimiento a las labores realizadas para el mantenimiento en el SIMOA.	Verificar la información registrada en el SIMOA	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA
33	Evaluar indicadores KPI	El personal ATSEP, revisa los indicadores que están formulados por el coordinador Regional Mantenimiento Sistemas de Navegación Aérea.	Verificar el histórico de referencia para mejoramiento en línea	Coordinador Regional Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea Personal ATSEP	SIMOA

Se plantea en el proyecto definir una plantilla, la cual permite unificar los formatos existentes en la entidad por parte de los coordinadores de cada grupo, con el fin de cumplir con el procedimiento establecido, con este se puede verificar, realizar seguimiento y funcionamiento de mejores condiciones de los sistemas y equipos de las áreas CNS/MET/ENE (Comunicaciones, Vigilancia, Radioayudas, Meteorología y Energía). Con el fin de llevar una gestión de confiabilidad general de todas las áreas a nivel nacional de los Grupos Regionales de Mantenimiento Sistemas de Navegación Aérea.

En el transcurso del año 2022 se han realizado reuniones enfocadas en el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de los sistemas y equipos del CNS/MET/ENE y el manejo del SIMOA (Sistema de Información de Mantenimiento Operacional Aeronáutico), en las cuales ha participado el Ing. José David Gomez Gil (Secretario General), Ing. Juan Camilo Vasquez Montoya (Director telecomunicaciones), los Coordinadores de cada grupo de la Dirección de Telecomunicaciones y los ingenieros Jhonatan Arango y Luisa Pesellin, con el fin de actualizar el procedimiento y diagrama de flujo que se encuentra publicado en resolución del año 2017. Ver Anexo 6

 <small>AERONÁUTICA CIVIL</small> <small>UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</small>		Clave: MSER 3.0-012-030										Versión: 01																																								
AÑO: 2022		MES:				REGIONAL: CENTRO SUR				AEROPUERTO/ESTACIÓN: BOGOTÁ EL DORADO				ÁREA: METEOROLOGÍA																																						
Sistema	MEDIOS DE COMUNICACIÓN								FRECUENCIAS NIVEL SUPERIOR								FRECUENCIAS APROXIMACIÓN								VHF FR CGAC																											
Sector	NIA								NW				NE				SW				SE				SC				SS				SN				SO				FI				NE				SE			
Subsistema	MICROONDAS								PPAL 123.7				ALT 123.85				PPAL 128.8				ALT 128.0				PPAL 128.8				ALT 128.85				PPAL 128.8				ALT 128.85				PPAL 128.8				ALT 128.85							
DIA	HORA UTC	COMC-TRE	COMC-MEJ	COMC-VIA	COMC-OTM	TRE-MAJ	MJ-COD	TRE-SBY	TRE-TND	PPAL 123.7	ALT 123.85	PPAL 128.8	ALT 128.0	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85	PPAL 128.8	ALT 128.85															
1																																																				
2																																																				
3																																																				

Figura 12. Formato Lista de Chequeo. Fuente: Autor, 2022

7.3. Formato Diagrama de Flujo

Se Optimizo el flujograma en base del diagrama de flujo 2017 que no estaba claro en la secuencia. Se cambio el diagrama para la gestión de mantenimiento de sistemas y equipos CNS/MET/ENE con el fin de lograr una mejora en la comprensión, el control de calidad y la capacitación de los empleados. Estandarizar un proceso para obtener una eficiencia y repetibilidad óptima, el formato se aprobó se subió a Isolución con su número de clave. Ver Anexo 9:

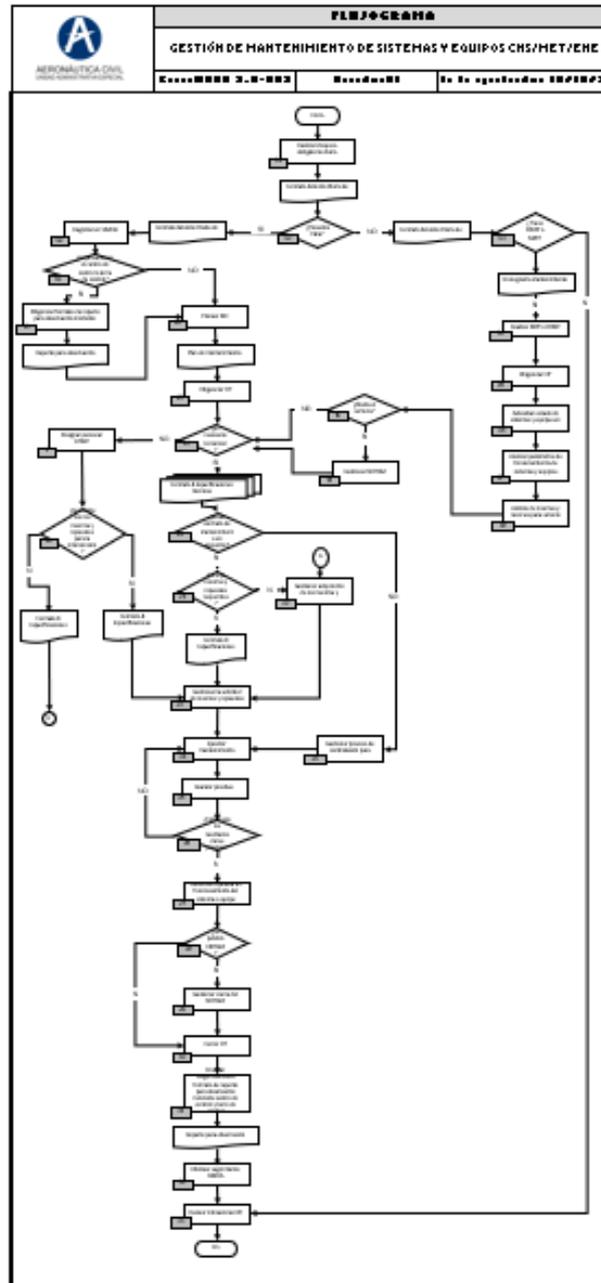


Figura 13. Diagrama de Flujo Mejora Autor 2022

7.4. Desarrollo del Procedimiento

Se diseñó el procedimiento para la gestión de mantenimiento de sistemas y equipos CNS/MET/ENE. Con el fin de especificar y detallar el proceso general de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo los cuales conforman un conjunto ordenado de operaciones y/o actividades determinadas secuencialmente en relación con los responsables

de la ejecución de cada área, que deben cumplir políticas y normas establecidas señalando la duración y el flujo de documentos, el formato se aprobó se subió a Isolución con su número de clave. Ver Anexo 10:

	PROCEDIMIENTO		
	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS Y EQUIPOS CNS/MET/ENE		
	Clave:	Versión: 01	Fecha de aprobación:

I. OBJETIVO GENERAL

Describir las actividades asociadas a la gestión del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, que deben aplicar los Grupos Regionales que realizan Mantenimiento a los Sistemas de Navegación Aérea, por medio de la prestación de servicio técnico y de ingeniería, con el fin de mejorar a nivel táctico y operativo el adecuado funcionamiento de los sistemas y equipos CNS/MET/ENE.

Objetivos específicos

1. Cumplir con la declaratoria de compromiso establecida en la política de operación Sistema de Información de Mantenimiento Operacional Aeronáutico, que fue adoptada a través de la resolución N°1140, por parte del personal ATSEP.
2. Implementar control mensual de seguimiento de las novedades de los sistemas y equipos registrados en el SIMOA, con el fin de resolverlas oportunamente.
3. Planificar anualmente los mantenimientos predictivos y preventivos, acorde a las necesidades de los sistemas y equipos de cada regional.
4. Ejecutar los mantenimientos predictivos y preventivos planificados por cada Grupo Regional de Mantenimiento de los Sistemas de Navegación Aérea.

II. ALCANCE

El alcance es para los grupos CNS/MET/ENE de la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas de la Navegación Aérea, Grupos Regionales de Mantenimiento Sistemas de Navegación Aérea, todo el personal ATSEP y servidores públicos que ejercen funciones de mantenimiento, utilizando el Sistema de Información de Mantenimiento Operacional Aeronáutico.

III. Responsables

Proceso	Responsable
MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN MSER-3.0	Direcciones Regionales Aeronáuticas
	• Grupo Regional Centro Sur Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea
	• Grupo Regional Oriente Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea
	• Grupo Regional Norte Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea
	• Grupo Regional Sur Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea
	• Grupo Regional Nororiente Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea
	• Grupo Regional Noroccidente Mantenimiento Sistemas Navegación Aérea
	Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea
	• Grupo Comunicaciones y Redes Aeronáuticas
	• Grupo Radioayudas a la Navegación Aérea
• Grupo Vigilancia y Automatización Aeronáutica	
• Grupo Sistemas Meteorología Aeronáutica	
• Grupo Energía	
• Grupo Calibración Aérea	

8. Análisis Financiero (costo-beneficio)

El análisis de costo-beneficio es importante ya que pretende determinar la conveniencia del plan mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto.

Se incrementa el costo, debido a las averías por no realizar un mantenimiento adecuado. Este concepto es más objetivo, puesto que se basa del dato de lista de chequeo diaria, cronograma de mantenimiento, una vez realizadas las mejoras de programación, se obtiene el dato del porcentaje de disminución de correctivos entonces se amplía el tiempo de producción, por lo que la entidad obtendrá más confiabilidad por producción.

MTTO. CORRECTIVO ACTUALMENTE APROXIMADO		MTTO. PREVENTIVO ACTUALMENTE APROXIMADO	
80%		20%	
MTTO. CORRECTIVO ESPERADO APROXIMADO		MTTO. PREVENTIVO ESPERADO APROXIMADO	
20%		80%	

Figura 15. Cuenta T Fuente: Autor 2022.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1. Conclusiones

Se optimizo y unifico el plan de mantenimiento para los equipos de Navegación Aérea de la Aeronáutica Civil con el fin de mejorar funcionamiento de los sistemas y/o equipos.

Se identifico en base del formato de lista de chequeo de la regional de Centro Sur cuáles son los sistemas y equipos de cada área CNS/MET/ENE, se envió formato de inventario de verificación de la regional con mayor cantidad de sistemas y equipos de la entidad para unificar y optimizar la forma existente.

Se diseñó formato general del diagrama de flujo, cronograma, lista de chequeo, por los cuales se realizó una delineación de un procedimiento, con el cual se unifica el seguimiento y manejo del mantenimiento para las seis 6 regionales, para describir las actividades asociadas a la gestión de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

Se diseño un diagrama de flujo unificando mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, con un procedimiento en el cual está la actividad, descripción, control, responsable y registro para un seguimiento y revisión de los sistemas y equipos de las áreas CNS/MET/ENE.

Se elaboro un formato general de cronograma de mantenimiento predictivo y/o preventivo en base de la regional con mayor sistemas y equipo, para contar con indicadores de intervención del año 2023 vs 2022.

Se realizaron reuniones en el transcurso del año enfocadas en los formatos y manejo del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de los sistemas y equipos que deben

aplicar los Grupos Regionales que realizan Mantenimiento a los Sistemas de Navegación Aérea, con el fin de mejorar a nivel táctico y operativo el adecuado funcionamiento y reportar en el SIMOA (Sistema de Información de Mantenimiento Operacional Aeronáutico) cada intervención requerida.

Se advierte que el tener un plan de mantenimiento preventivo, no indica necesariamente que nunca vayan a fallar o se eliminen las paradas imprevistas en los sistemas y equipos.

El hecho de tener dicho plan es de concientizar tanto a la entidad como al personal ATSEP (Profesionales en Electrónica para la Seguridad del Tráfico Aéreo) de la importancia de mantener los sistemas y equipos en buen estado y funcionando de confiabilidad, para que presten el servicio por el cual son utilizadas.

9.2. Recomendaciones

Se recomienda al Secretario General y al Director de Telecomunicaciones que se establezca un grupo de trabajo para supervisar y hacer seguimiento al plan de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de cada regional, con esto se puede garantizar una confiabilidad más adecuada de los sistemas y equipos, se recomienda elaboración de soportes de cada intervención, es importante utilizar y actualizar por lo menos cada dos años todos los formatos con los que se administra la gestión básica de mantenimiento, es conveniente que periódicamente se revise la adecuación del plan de mantenimiento predictivo, especialmente si ocurre actualización de sistemas.

Es conveniente tener el almacén en óptimas condiciones para stock de repuestos de maquinaria y equipo.

Se recomienda a la entidad hacer una reunión general de todos y cada uno de los empleados y presentar las personas encargadas del mantenimiento para que a raíz de esta se siga una jerarquización en la trazabilidad.

Se recomienda diligenciar correctamente los formatos desde los operadores hasta los encargados del mantenimiento.

10. Referencia.

Gómez Gil, J. D., & Gómez, E. L. (2019). Implementación de un sistema remoto centralizado como una mejora para el mantenimiento aeronáutico. *Ciencia Y Poder Aéreo*, 14(2), 62–81

Aeronáutica Civil. (s.f.). Historia de Aerocivil. Ministerio de Transporte.

<https://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/historia>

<https://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/organigrama>

Cartilla_Diagnostico_Mantenimiento_en_Colombia_2021_sin_Guias.pdf. (s. f.).

Lamir, D., Felipe, A., & Sierra, S. (s. f.). DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL PARA LA AVIACIÓN CIVIL COLOMBIANA. 261.

Tavares—Administración Moderna de Mantenimiento.pdf. (s. f.).

Vizconde, G. D. B., & Urdy, C. P. M. (s. f.). PLAN ESTRATÉGICO DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO (SEMAN PERÚ SAC). 145.

Jhonatan Arango, M. M. (febrero 2018). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada y vehículos de la empresa nema ingeniería.

NOTA DE ESTUDIO__Infraestructura y Sostenibilidad Ambiental.pdf. (s. f.).

(Aeronáutica Civil [Aerocivil], s.f.)

C&L MTTTO INDUSTRIAL Y LOCATIVO. (s.f.). Obtenido de

<http://www.cylmtto.com.co/>

FIGUEROA, C. B. (2014). ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARÍA PESADA DE LA

EMPRESA L&L. Obtenido de

<http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC%201144.pdf?sequence=1>

Guapi, M. T. (15 de DICIEMBRE de 2015). INGENIERIA DE MANTENIMIENTO.

Obtenido de <http://maferzhitatene.blogspot.com.co/2015/12/blog-post.html>

INGENIERIAINDUSTRIALONLINE.COM. (s.f.). MANTENIMIENTO

PRODUCTIVO TOTAL. Obtenido de

<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/mantenimiento/>

Jhonatan Arango, M. M. (junio de 2015). PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MAQUINARIA PESADA ANIVEL NACIONAL. COLOMBIA. Obtenido de PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MAQUINARIA PESADA ANIVEL NACIONAL

MALEDIS RAQUEL BECERRA GUZMAN, Y. P. (2007). DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DE LA EMPRESA MEJIA VILLEGAS CONSTRUCTORES

S.A. Obtenido de <file:///C:/Users/sala10/Downloads/193-%20TTG%20EMPRESA%20MEJIA%20VILLEGAS%20CONSTRUCTORES%20S.A..pd>

medina, j. (NOVIEMBRE de 2016). CONFIABILIDAD RCM. Obtenido de <https://confiabilidadrcm.wordpress.com/2015/06/22/rcm-confiabilidad-operativa-que-es-realmente/#more-75>

Reinvalca, G. S. (s.f.). TIPOS DE MANTENIMIENTO. Obtenido de <http://www.gruporeinvalca.com/mantenimiento/72-tipos-de-mantenimiento>

Rivera, G. G. (s.f.). PROGRAMA DE MANTENIMIENTO. Obtenido de https://www.academia.edu/29626658/PROGRAMA_DE_MANTENIMIENTO

Romero, A. (OCTUBRE de 2016). MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:WvQSUa39->

xQJ:https://alejandrromeroz.files.wordpress.com/2016/10/mantenimiento-industrial.pptx+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=co

SOLOMANTENIMIENTO.COM. (s.f.). MANTENIMIENTO AUTONOMO.

Obtenido de <http://www.solomantenimiento.com/articulos/mantenimiento-autonomo.htm>

wikipedia.org. (s.f.). https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_costo-beneficio#Costo-Beneficio.

Universidad de San Buenaventura. Duque Lamir Andrés Felipe, Sarmiento Sierra Nicolás. 2008.

.(NOTA DE ESTUDIO__Infraestructura y Sostenibilidad Ambiental.pdf, s. f.)

Aeronáutica Civil. Édgar Jiménez Pérez, (s.f.)

Universidad Militar Nueva Granada, Juan Carlos Yopasa Pinzón.2014

(UAEAC, 2015).

Fuerza Aérea del Perú. (Vizconde & Urday, 2018)