

LINEAMIENTOS DE MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS AERONÁUTICOS DE RADIOAYUDAS EN EL TERRITORIO NACIONAL

(Trabajo de grado)

ALEXANDER HUERTAS GUAQUETA

Director:

Ing. Germán Macías Muñoz M.Sc.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES Y REGULACIÓN TIC
BOGOTÁ, 2019

TABLA DE CONTENIDO

ACRÓNIMOS.....	v
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO.....	5
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2 OBJETIVOS.....	6
1.2.1 Objetivo General.....	6
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 ALCANCE	7
1.4 METODOLOGÍA	8
1.4.1 Identificación de retos regulatorios	8
1.4.2 Identificación de temáticas a regular.....	10
2 NORMAS Y RECOMENDACIONES VIGENTES A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE PLANES DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA.....	11
2.1 NORMAS Y RECOMENDACIONES A NIVEL NACIONAL SOBRE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA	11
2.1.1 RAC 19 Telecomunicaciones aeronáuticas [4].....	13
2.1.2 Plan de Navegación Aérea para Colombia – PNA COL [12]	13
2.1.3 Resolución 716 de 2019 [10]	15
2.1.4 Circulares normativas de la Aeronáutica Civil	16
2.2 NORMAS Y RECOMENDACIONES A NIVEL LATINOAMÉRICA SOBRE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA.....	18
2.2.1 Reglamento Aeronáutico de Latinoamérica (LAR) 210 Telecomunicaciones aeronáuticas [14]	18
2.2.2 Plan Regional CAR/SAM [15]	18
2.3 NORMAS Y RECOMENDACIONES A NIVEL INTERNACIONAL SOBRE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA.....	20
2.3.1 Normas impartidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) 20	
2.3.2 Normas impartidas por la Administración de Aviación Federal (FAA)	22
2.3.3 Instrucciones impartidas por los fabricantes en sus manuales de mantenimiento	23
3 ESTADO DEL ARTE DENTRO DE LA AEROCIVIL.....	29

3.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA AERONÁUTICA CIVIL PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO DE LAS RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA	29
3.1.1 Decreto 823 de 2017 [40]	30
3.1.2 Resolución 01357 de 2017 [41]	30
3.1.3 Infraestructura por Regionales	31
3.2 RECURSOS PARA EL MANTENIMIENTO DE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA[42]	33
3.2.1 Recurso humano	33
3.2.2 Herramientas	37
3.2.3 Equipos de medida	38
3.2.4 Idoneidad y certificaciones de operación en sistemas de radioayudas	39
3.2.5 Acceso a estaciones	40
3.3 CONDICIONES TÉCNICAS Y FINANCIERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA	40
3.3.1 Análisis técnico de los sistemas de radioayudas a la navegación aérea en Colombia	40
3.3.2 Generalidades de la infraestructura para el servicio de navegación aérea en Colombia y su mantenimiento	56
3.3.3 Estimación de costos para el mantenimiento de radioayudas	60
4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA NORMATIVIDAD Y RECOMENDACIONES EXISTENTES, EMITIDAS POR LAS ENTIDADES COMPETENTES A NIVEL GLOBAL	62
4.1 ANÁLISIS DOFA DE LA NORMATIVIDAD NACIONAL	62
4.2 ANÁLISIS DOFA DE LA NORMATIVIDAD INTERNACIONAL	64
4.3 ESTRATEGIAS ORIGINADAS DEL ANÁLISIS DOFA	67
4.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DOFA	69
5 PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA EN COLOMBIA	70
5.1 PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DME	71
5.1.1 Periodicidad propuesta para el mantenimiento de sistemas DME	72
5.1.2 Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas DME	72
5.1.3 Equipo de prueba propuesto para sistemas DME	74
5.2 PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS VOR	75
5.2.1 Periodicidad propuesta para el mantenimiento de sistemas VOR	75
5.2.2 Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas VOR	75

5.2.3	Equipo de prueba propuesto para Sistemas VOR	77
5.3	PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS ILS	78
5.3.1	Periodicidad propuesta para el mantenimiento de sistemas ILS	78
5.3.2	Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas ILS	78
5.3.3	Equipo de prueba propuesto para Sistemas ILS.....	79
5.4	EQUIPO DE PRUEBA RECOMENDADO POR ESTACIONES	81
5.5	RECURSO HUMANO PROPUESTO POR REGIONAL	83
5.6	COSTOS ASOCIADOS A LA PROPUESTA	85
5.6.1	Costos de viáticos de los técnicos	85
5.6.2	Costos del desplazamiento de los técnicos a las estaciones	89
5.6.3	Costo total promedio para desplazamiento y viáticos del personal de mantenimiento	92
5.7	PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL ORGANIGRAMA DE LA ENTIDAD	94
6	PROPUESTA DE MODIFICACIÓN A NORMATIVIDAD RELACIONADA	97
6.1	DECRETO 0823 DE 2017	97
6.2	RESOLUCIÓN 1357 DE 2017 / RESOLUCIÓN 2013 DE 2017	100
6.3	RESOLUCIÓN 3731 DE 2017	103
6.4	CIRCULAR NORMALIZADA No. 050	104
6.5	CIRCULAR NORMALIZADA No. 036	105
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
7.1	CONCLUSIONES	116
7.2	RECOMENDACIONES	117
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	165

ACRÓNIMOS

Abreviatura - Sigla	Definición en inglés	Definición en español
AAC	<i>Civil Aviation Authority</i>	Autoridad de Aviación Civil
ADS	<i>Antenna Distribution Switch</i>	Conmutador de Distribución de Antenas
Aerocivil	<i>Special Administrative Unit of Civil Aeronautics</i>	Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil
ATSEP	<i>Air Traffic Safety Electronics Personnel</i>	Profesionales en Electrónica para la Seguridad del Tráfico Aéreo
BITE	<i>Built-In Test Equipment</i>	Equipo de Prueba Incorporado
CA	<i>Alternate Current</i>	Corriente Alterna
CC	<i>Direct Current</i>	Corriente Continua
CL	<i>Course Line</i>	Línea de Curso
CLR	<i>Clearance</i>	-
CMU	<i>Control and Supervision Unit Communication Navigation</i>	Unidad de Control y Supervisión Comunicación, Navegación y
CNS / ATM	<i>Surveillance / Air Traffic Management</i>	Vigilancia / Gestión del Tráfico Aéreo
COU	<i>Course</i>	Curso
CSB	<i>Carrier with Sidebands</i>	Portador con bandas laterales
CVOR	<i>Conventional VHF Omnidirectional Range</i>	VOR Convencional
DDM	<i>Modulation Depth Difference</i>	Diferencia de Profundidad de Modulación
DME	<i>Distance Measuring Equipment</i>	Equipo Medidor de Distancia
DS	<i>Displacement Sensitivity</i>	Sensibilidad de desplazamiento
DVOR	<i>Doppler VHF Omnidirectional Range</i>	VOR Doppler
ESD	<i>Electrostatic Discharge</i>	Descargar electrostática
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>	Administración Federal de Aviación
FAR	<i>Federal Aviation Regulations</i>	Regulaciones Federales de Aviación
FFM	<i>Far Field Monitor</i>	Monitor de Campo Lejano
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>	Sistema Mundial de Navegación por Satélite
ILS	<i>Instrument Landing System</i>	Sistema de Aterrizaje Instrumental
INT	<i>Interrogator</i>	Interrogador
LAR	<i>Latin American Aeronautical Regulations</i>	Reglamento Aeronáutico Latinoamericano
LCU	<i>Local Control Unit</i>	Unidad de Control Local
LF	<i>Low Frequency</i>	Baja Frecuencia

LLZ	<i>Localizer</i>	Localizador
LRU	<i>Line Replaceable Unit</i>	Unidad reemplazable de línea
MRU	<i>Receiving Supervision Unit</i>	Unidad Remota de Monitoreo
NDB	<i>Non-Directional Beacon</i>	Baliza No Direccional
NFM	<i>Near Field Monitor</i>	Monitor de Campo Cercano
OACI	<i>International Civil Aviation Organization</i>	Organización de Aviación Civil Internacional
OJT	<i>On the Job Training</i>	Capacitación en el puesto de trabajo
PIR	<i>Portable ILS Receptor</i>	Receptor Portátil ILS
PSU	<i>Power Supply Unit</i>	Unidad de Fuente de Alimentación
RAC	<i>Aeronautical Regulations of Colombia</i>	Reglamento Aeronáuticos de Colombia
RCU	<i>Relay Switching Unit</i>	Unidad de Conmutación de Relé
RF	<i>Radiofrequency</i>	Radiofrecuencia
RMM	<i>Remote Maintenance Monitor</i>	Monitor de Mantenimiento Remoto
RPA	<i>Reference Power Amplifier</i>	Amplificador de Potencia de Referencia
SBO	<i>Side Bands Only</i>	Bandas laterales
SDM	<i>Sum in Modulation Depth</i>	Suma en profundidad de modulación
SGU	<i>Signal Generation Unit</i>	Unidad de Generación de Señales
SPA	<i>Sideband Power Amplifier</i>	Amplificador de Potencia de Banda Lateral
TX	<i>Transmit</i>	Transmisión
UHF	<i>Ultra-High Frequency</i>	Frecuencia Ultra Alta
VOR	<i>Very High Frequency Omnidirectional Range</i>	Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia (VHF)
VSWR	<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>	Radio de onda estacionaria de voltaje

RESUMEN

El presente trabajo se ha desarrollado teniendo como eje central la necesidad de reglamentar y documentar el plan de mantenimiento de los sistemas de Navegación Aérea instalados en el Territorio Nacional, pertenecientes a la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia (Aerocivil).

Dentro de la normatividad de la Entidad no existe un apartado donde se traten a fondo los planes de mantenimiento de los sistemas tales como, comunicaciones, energía, vigilancia, meteorología y navegación; por tanto, se plantea como principal objetivo desarrollar una propuesta normativa que establezca los lineamientos para el mantenimiento de los sistemas de radioayudas a la navegación aérea, aplicables en la Aerocivil.

Se usó una metodología basada en el planteamiento de una serie de fases plasmadas en los objetivos específicos, contemplando las recomendaciones y normatividad vigente en materia de mantenimiento en los sistemas de navegación aérea, así como el estudio de regulación en mantenimiento en otros países y lo recomendado por las entidades oficiales. Debido a lo anterior, se realiza 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 cuales 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. Por último, se presentan las consideraciones finales que contemplan beneficios que se lograrían como consecuencia de la aplicación reglamentaria del plan de mantenimiento propuesto en este documento.

Palabras clave: Aeronáutica Civil; Mantenimiento; Navegación Aérea. Radioayudas; Reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC; Reglamento Aeronáutico Latinoamericano LAR.

ABSTRACT

This work was developed based on the need to regulate the maintenance plan of the Air Navigation systems in Colombia that belong to the civil aviation authority (Aerocivil).

In the current regulations there are no maintenance plans for the following systems: communications, energy, surveillance, meteorology and navigation; Therefore, the main objective of this work is to develop a regulation proposal that establishes the guidelines for the maintenance of radio navigation aids, applicable in Colombia.

A phase-based methodology was used, considering the recommendations and regulations in force on maintenance in air navigation systems, as well as the study of regulation in other countries and recommended by official entities. Due to the above, a comparative analysis is carried out considering the aeronautical infrastructure in Colombia and its relationship with information and communications technologies, to finally identify which recommendations and regulations are applicable in Colombia.

As a result, a proposal for regulations was obtained in which maintenance plans were determined based on the collection and analysis of information obtained from international official entities, manufacturers and current regulations. Finally, the conclusions are presented, which contemplate benefits that would be achieved as a result of applying the maintenance plan proposed in this document.

Keywords: *Civil Aviation Authority; Maintenance; Air Navigation; Radioaids; Aeronautical Regulations of Colombia RAC; Latin American Aeronautical Regulations LAR.*

INTRODUCCIÓN

Se ha evidenciado el alto impacto que el sector del transporte aéreo logra dar al desarrollo de un país, de tal manera que se convierte en eje principal de progreso por la capacidad implícita de influir en el Producto Interno Bruto (PIB), en la industria aérea, la utilización segura del espacio aéreo colombiano y contribuyendo al mejoramiento de la competitividad [1].

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 (OACI) [2], genera los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos (RAC), 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 de sistemas para la navegación aérea. Estos se benefician de la conjunción de las directrices para la seguridad aérea operacional entre las entidades autoritarias y los operadores aeronáuticos.

En este sentido se desarrolló el presente documento, el cual tiene como propósito principal generar una propuesta normativa que establezca los lineamientos para el mantenimiento de los sistemas de radioayudas a la navegación aérea, que sean aplicables en la Aeronáutica Civil de Colombia teniendo en cuenta la constante evolución, crecimiento y expansión de estos sistemas.

La metodología usada inicia con el estudio de la normatividad para la infraestructura aeronáutica, el estudio y comparación de la normativa nacional con la de países desarrollados, y algunos estudios realizados por las fuerzas militares aeronáuticas, que proporcionen elementos con valor de juicio suficientes para la propuesta de regulación de mantenimiento a los sistemas de Navegación Aérea (radioayudas) instalados en Colombia.

En el capítulo uno, se realiza introducción al tema principal del documento, identificando el problema existente en la actualidad y la metodología por la cual se va a atacar dicho problema.

En el capítulo dos, se recopilan normas y recomendaciones vigentes relacionadas con mantenimiento y conservación de los sistemas de radioayudas a nivel global.

En el capítulo tres, se da a conocer el estado actual dentro de la Entidad, con respecto al mantenimiento de las ayudas a la navegación aérea, como lo es la ubicación geográfica de los sistemas de radioayudas, características técnicas, recurso humano e información en general de estos sistemas.

En el capítulo cuatro, se hace una comparación de la información obtenida en el capítulo No.1 con el fin de identificar las recomendaciones y normas que pueden ser aplicables en Colombia.

En el quinto capítulo se presenta la propuesta de normatividad para los planes de mantenimiento con base en el análisis de la información obtenida y las necesidades actuales del país.

Para finalizar, las conclusiones se dividen en las relacionadas directamente con la metodología, y las conclusiones concernientes con la investigación del presente trabajo, con el fin de dar a entender el proceso definitivo para lograr el resultado.

1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO

Las radioayudas a la navegación aérea se definen como el conjunto de señales radioeléctricas, generalmente generadas en instalaciones terrestres y recibidas a bordo, que permiten a la aeronave guiarse. Son sistemas electrónicos cuyo funcionamiento consiste en una emisión constante de ondas de radio, que son captadas mediante la sintonización de la frecuencia específica, y traducidas por los sistemas del avión para que su información pueda ser visualizada por la tripulación de cabina [3].

Según el libro No. 19 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, denominado RAC 19 [4] en su preámbulo, los sistemas de radioayudas forman parte de la infraestructura aeronáutica de telecomunicaciones y de ayudas a la navegación aérea definidos en el Artículo 1808 del Código de Comercio, como el “conjunto de instalaciones y servicios destinados a facilitar y hacer posible la navegación aérea” [4].

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil) organismo estatal colombiano encargado del control y regulación de la aviación civil en Colombia, tiene a su cargo la infraestructura aeronáutica, y por lo tanto también la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de radioayudas en el país. De acuerdo con lo anterior, es responsabilidad de la Aerocivil garantizar que todas las aeronaves en el espacio aéreo colombiano puedan despegar, navegar y aterrizar con total seguridad.

Teniendo en cuenta el alcance establecido del presente trabajo, se considerarán los siguientes sistemas de radioayudas: ILS (*Instrument Landing System*), VOR (*Very High Frequency Omnidirectional Range*) y DME (*Distance Measurement Equipment*). Adicionalmente, se describirán nuevos sistemas, siguiendo los lineamientos del Plan Nacional de Navegación Aérea y las recomendaciones de la OACI.

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil) es el organismo estatal colombiano encargado del control y regulación de la aviación civil en Colombia. Tiene a su cargo la infraestructura aeronáutica de Colombia, la cual cuenta con sistemas de Radioayudas a la Navegación que prestan su servicio a la Seguridad Aérea y garantizan

que todas las aeronaves puedan despegar, navegar y aterrizar con total seguridad en el territorio nacional.

La Aerocivil es una entidad adscrita al Ministerio de Transporte, y tiene un impacto directo en la economía del país. Como autoridad aeronáutica en Colombia, se ha evidenciado la importancia que el sector aeronáutico logra dar al desarrollo del país, y se convierte en el eje principal de progreso por la capacidad implícita en manejar el transporte aéreo en el territorio nacional desde el desarrollo ordenado de la aviación civil, de la industria aérea y la utilización segura del espacio aéreo colombiano, facilitando el transporte intermodal y contribuyendo al mejoramiento de la competitividad del país.

Es así como, desde la experiencia laboral de los autores del presente proyecto en el área ingenieril y técnica de la Aerocivil, que se ha detectado que Colombia no cuenta con normas, directrices o lineamientos establecidos para el mantenimiento de los sistemas de Radioayudas a la Navegación Aérea. El mantenimiento que se realiza actualmente, se hace a criterio propio de cada una de las seis regionales en las que se divide el país [2], o según la visión de las Direcciones Regionales a través de los Coordinadores de los Grupos de Soporte personal [3], o específicamente de cada técnico encargado del mantenimiento de estos sistemas, toda vez que no se establece bajo una directriz organizacional o directiva [2].

De acuerdo con lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál debe ser el contenido de la norma que establezca los lineamientos para el mantenimiento de los sistemas de radioayudas a la navegación aérea, que sean aplicables en la Aeronáutica Civil de Colombia?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta normativa que establezca los lineamientos para el mantenimiento de los sistemas de radioayudas a la navegación aérea, que sean aplicables en la Aeronáutica Civil de Colombia.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Recopilar las normas y recomendaciones vigentes para la regulación de los planes de mantenimiento en los sistemas de radioayudas en Aerocivil que sean aplicables a los sistemas de Navegación Aeronáutica, mediante la investigación de regulaciones en Entes nacionales e internacionales y fabricantes.
- Realizar un análisis comparativo de la normatividad y recomendaciones existentes, emitidas por las Entidades competentes a nivel global, que permita identificar las normas que pueden ser aplicables en Colombia en materia de estructuración de planes de mantenimiento de sistemas de radioayudas.
- Realizar un análisis técnico que permita identificar los aspectos claves como costos, recurso humano, características de los sistemas, ubicación y demás para la regulación en cuanto al mantenimiento de los sistemas de radioayudas de la Aeronáutica Civil de Colombia.
- Elaborar la propuesta de norma para la estructuración de los planes de mantenimiento de los sistemas de radioayudas, con base en la información recopilada y analizada, de tal forma que pueda ser adoptada en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia.

1.3 **ALCANCE**

Este trabajo se plantea de manera explícita en Colombia para los sistemas de radioayudas instalados en el territorio nacional de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia, teniendo como base las recomendaciones impartidas por la OACI, FAA (Administración Federal de Aviación) y los diferentes fabricantes de sistemas de radioayudas ILS (senda de planeo, localizador) – VOR – DME; sin dejar de lado las normas ya impartidas por el gobierno Nacional Colombiano en cuanto a la periodicidad de calibración y certificación.

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto se realiza un estudio comparativo de las normas y recomendaciones internacionales, las especificaciones de los fabricantes y las

normas internas del país, estableciendo cuáles deben ser adoptadas en nuestro país con un propósito frente al mantenimiento de radioayudas.

El resultado del presente proyecto es una propuesta de regulación de los planes de mantenimiento que podrá ser implementada por la Aerocivil a través de las resoluciones impartidas por la Secretaria de Sistemas Operacionales y de la Aviación Civil.

1.4 METODOLOGÍA

Se plantean, identifican y recopilan datos de la Aeronáutica Civil de Colombia, recomendaciones internacionales e instrucciones de fabricantes, los cuales se describen en los cinco capítulos de este documento. Se realiza un análisis normativo, en relación a planes de mantenimiento de sistemas de radioayudas para la navegación aérea, y una comparación de la normatividad de diferentes países, además de las instrucciones y recomendaciones dadas por los fabricantes.

Para llegar a la propuesta normativa planteada en los objetivos, es importante adoptar una visión general de marco normativo, particularmente el tema de la seguridad operacional. Se identifica el marco regulatorio respecto al mantenimiento de los sistemas de radioayudas para la Aeronavegación Aérea existentes, recomendaciones dadas a nivel internacional por la OACI, la FAA y las concedidas por los fabricantes de dichos sistemas. Finalmente, se establece la importancia de un marco regulatorio claro para el mantenimiento de los sistemas de radioayudas instalados en el territorio Nacional.

Por último, se realiza un estudio técnico de los sistemas de radioayudas existentes en el país en los cuales se enfoca la propuesta, de modo que esta pueda ser acogida en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC).

1.4.1 Identificación de retos regulatorios

Para el presente trabajo, el reto regulatorio se convierte en un desafío general que se presenta debido a factores tecnológicos, sociales, económicos, de seguridad, políticos, entre otros, los cuales producen una tendencia al cambio, originando una necesidad de intervención por parte de las altas directivas de la Aerocivil, con el fin de mantener un alto nivel en seguridad operacional mediante procesos regulatorios, ver **FIGURA 1**.

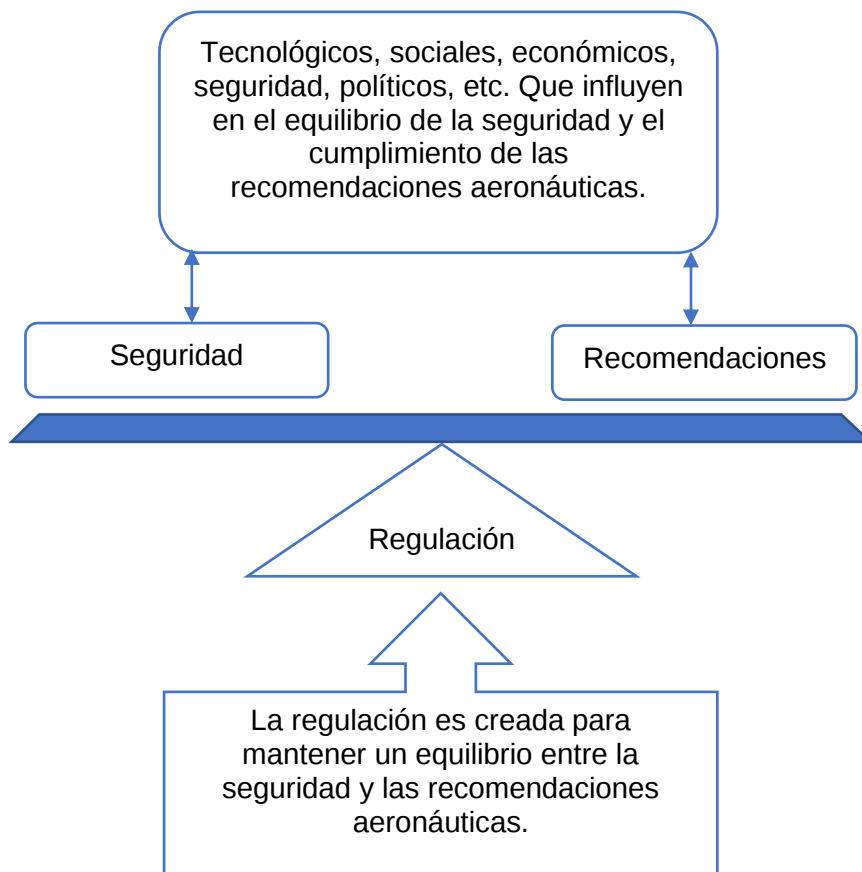


Figura 1.Regulación para el equilibrio entre seguridad y recomendaciones

Fuente: Propia

Para identificar el reto regulatorio, es necesario verificar la situación de la realidad y el entorno que se tiene en el sector aeronáutico, relacionando el entorno tecnológico y su atribución al contorno en seguridad aeronáutica, derivando dos puntos vitales que son:

- Entorno / realidad en la actualidad
- Entorno tecnológico

Con el fin de llegar a la identificación se recurre a consultar en documentos oficiales internacionales como el Anexo 10 Volumen 1 [2] y Documento 8071 [5] de OACI y en las normas establecidas para Colombia descritas en el RAC 19 [4]. En estos documentos se hace una aproximación a la realidad actual en temas de regulación para los planes de mantenimiento en los sistemas de Ayudas para la Navegación Aérea.

Desarrollando estos dos aspectos, es posible tener una identificación más acertada del reto regulatorio que se pretende investigar, ver **FIGURA 2**.

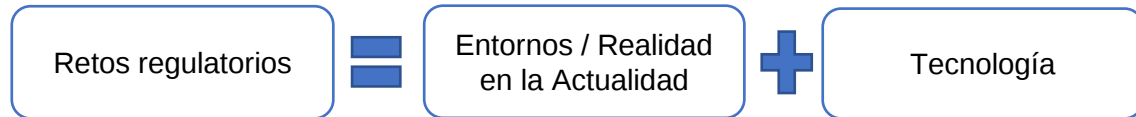


Figura 2. Retos regulatorios

Fuente: Propia.

1.4.2 Identificación de temáticas a regular

Las autoridades Aeronáuticas de cada país deben generar sus políticas de mantenimiento para los sistemas de Ayudas a la Navegación Aérea con el fin de establecer una aeronavegación segura, según las recomendaciones de la OACI [2] y la FAA [6]; de ahí que se debe indagar y estudiar otros puntos de vista que ofrezcan una perspectiva normativa, y son (**FIGURA 3**):

- Recomendaciones Internacionales
- Normas Nacionales

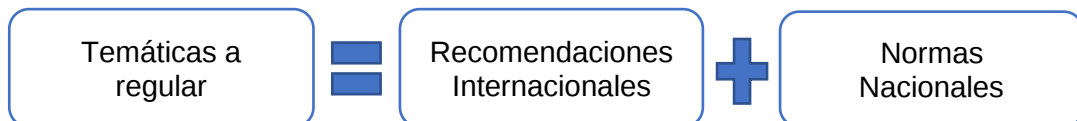


Figura 3. Temáticas a regular

Fuente: Propia.

Se crea la necesidad de identificar las normativas faltantes en la Aeronáutica Civil, abriendo la posibilidad de realizar un estudio comparativo, realizando una identificación de las normativas más relevantes en regulación de planes de mantenimiento relacionados para los sistemas de Ayudas a la Navegación Aérea, y que puedan ser aplicables en nuestro país. De esta forma se delimita la temática gracias a las definiciones oficiales de regulación y los planes de mantenimiento en sistemas de Ayudas para la Navegación Aérea.

2 NORMAS Y RECOMENDACIONES VIGENTES A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE PLANES DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA

En el presente capítulo se identifican y describen las normas y recomendaciones actuales acerca del mantenimiento de sistemas de radioayudas a la navegación aérea emitidas por entidades competentes y especializadas en el campo aeronáutico, lo cual proveerá las principales especificaciones que se deben incluir en los mantenimientos, como el control y vigilancia del mismo.

Es necesario incluir esta información debido a que es necesaria para conocer los reglamentos y/o normativas aeronáuticas en radioayudas, bajo los cuales se rige Colombia, países de Sudamérica y a nivel mundial, de tal forma que se pueda analizar que pros y contras posee en la actualidad el país frente a los mantenimientos de las radioayudas, identificando, además, que parámetros implementados en otros países pueden ser viables de aplicación en Colombia.

2.1 NORMAS Y RECOMENDACIONES A NIVEL NACIONAL SOBRE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA

El proceso de elaboración de las normas RAC (Reglamento Aeronáutico Colombiano) es realizado por el Grupo de Normas Aeronáuticas de la Oficina de Transporte Aéreo, en unión con el área encargada en el tema específico según sea el caso (Seguridad operacional y de aviación civil, Estándares de vuelos, Estándares de servicios a la navegación aérea y servicios aeroportuarios, Transporte aéreo). [7]

Dado que los RAC colombianos cumplen con los estándares OACI y han pasado satisfactoriamente auditorías de la OACI y la FAA, en su momento no se había considerado la necesidad de ingresar al Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional (SRSVOP). Pero ante la conveniencia de desarrollar la cooperación y armonización, la Aerocivil, se hizo miembro conforme al convenio suscrito por la Dirección General de la Entidad, el día 26 de julio del año 2011, acordando la armonización de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) con los Reglamentos Aeronáuticos Latinoamericanos (LAR), propuestos por el Sistema. [7]

La Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil – Aerocivil, internamente realiza y comunica a sus colaboradores las nuevas decisiones, consideraciones y pautas a seguir y cumplir estrictamente, por medio de circulares normalizadas, las cuales funcionan como guía para la realización de las diferentes actividades de los procesos que conforman cada área de las áreas, estas circulares son estructuradas por la Secretaría de Sistemas Operacionales. Esta Secretaría perteneciente al nivel central de la Entidad, adscrita a la Dirección general, se encuentra a cargo de las direcciones de servicios a la navegación aérea, de telecomunicaciones y ayudas a la navegación aérea, de servicios aeroportuarios y de infraestructura aeroportuaria; áreas fundamentales para el normal y correcto funcionamiento a nivel operacional de la Aerocivil.

Relacionadas al tema de radioayudas se encuentran las circulares 036 [8] y 050 [9]; en sentido normativo y reglamentario la Aerocivil en conjunto con el Ministerio de Transporte ha expedido la Resolución 716 [10] referente a la inspección y certificación de las radioayudas, las cuales son guías para la gestión de mantenimiento sistemas operacionales, y gestión atención y mantenimiento de estaciones aeronáuticas respectivamente.

Se realizó consulta de la normatividad expedida por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC), evidenciando que solamente se encuentra información en donde se establece que la Aerocivil es la encargada de los sistemas de ayuda a la navegación aérea (radioayudas), esto según el Decreto 1078 de 2017 [11] por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en su artículo 2.2.4.2.2. Sistemas de telecomunicaciones y controles para las necesidades esenciales de la navegación aérea, establece, *“Corresponde a la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) establecer los sistemas de telecomunicaciones y los controles requeridos para satisfacer las necesidades esenciales de la navegación aérea tales como:...Radionavegación y ayudas a la radionavegación”*; de esta forma se evidencia entonces que MINTIC no indica directrices ni recomendaciones en general o referentes al mantenimiento a tener en cuenta para estos sistemas; encontrando de este modo que en el país no se tiene estandarizado el proceso de mantenimiento para los sistemas de radioayudas por ningún ente competente en la materia.

2.1.1 RAC 19 Telecomunicaciones aeronáuticas [4]

Los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) son un compendio de normas y pautas que son de cumplimiento obligatorio, los cuales son establecidos por la Aerocivil por medio de resoluciones (para el caso del RAC 19 este fue adoptado por medio de la Resolución 03142 del 2012), con el fin de definir los controles necesarios para el cumplimiento de los requisitos primordiales de la navegación aérea. Colombia al ser miembro de la OACI debe ajustar sus reglamentos de tal forma que permitan una armonización en concordancia con las normas internacionales.

Es de interés para el desarrollo de esta tesis, realizar consulta del capítulo II Radioayudas para la navegación aérea del RAC 19, el cual contiene disposiciones generales, especificaciones y requisitos básicos para los sistemas VOR, DME e ILS. Al igual que en el manual de ensayo de radioayudas para navegación documento 8071 [5], en el apéndice C del RAC 19 [4] se proporciona información sobre los ensayos en tierra y en vuelo de las instalaciones normalizadas, que es información también considerada de interés para la formulación de esta tesis.

El RAC 19 indica cuales son los elementos esenciales que debe poseer un ILS como requisitos básicos. Incluyendo como requisito define, “19.2.3.1.2.7. En aquellos lugares en los que haya dos instalaciones ILS separadas, que sirvan a los extremos opuestos de una pista única, un acoplamiento apropiado garantizará que sólo radie el localizador que se utiliza para la dirección de aproximación, excepto cuando el localizador utilizado para las operaciones sea una instalación ILS de Categoría de actuación I y no se produzca ninguna interferencia perjudicial para las operaciones”, se incluye este dato con la finalidad de analizar si es un aspecto positivo o negativo que posee el sistema ILS. [4]

2.1.2 Plan de Navegación Aérea para Colombia – PNA COL [12]

Este documento se encuentra alineado con los planes mundial y regional de la OACI. Compuesto por 3 volúmenes los cuales contienen la siguiente información:

Volumen 1 Requerimientos operacionales: contiene necesidades para la operación aérea.

Volumen 2 Infraestructura en instalaciones y servicios, se formulan estrategias tecnológicas para los requerimientos consignados en el volumen 1. En el numeral 2.2

Navegación, se presenta la información que resulta de interés dado que contiene información sobre la periodicidad de los ensayos para cada uno de los sistemas, adicionalmente dicta recomendaciones de los sistemas instalados a nivel nacional relacionados a la navegación y como son sometidos periódicamente a ensayos en tierra y vuelo; la resolución 02500 del 28 de junio de 2004 determina que se deben certificar en vuelo los sistemas con el fin de garantizar su confiabilidad.[12]

La periodicidad de los ensayos (**TABLA 1**) se realiza de la siguiente manera:

Tabla 1.Periodicidad de ensayos por sistema.

SISTEMA	PERIODICIDAD
ILS	Semestral
VOR/DME	Anual
NDB	Según requerimiento operativo o técnico

Fuente: Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II. Instalaciones y Servicios. [12]

Además, este volumen No. 2 presenta el listado de los radioayudas a nivel nacional indicando la estación en la que se encuentran, equipo, coordenadas, marca, modelo, fecha de instalación y antigüedad; permitiendo identificar de manera gráfica mediante el mapa del país la ubicación de cada radioayuda.

En el documento también se especifica la implementación estrategias para la navegación las cuales se establecen de acuerdo con lo referido a nivel de la región SAM, ver (**TABLA 2**):

Tabla 2.Estrategias a implementar por sistema

SISTEMA	ESTRATEGIA
ILS	Mantener los ILS
VOR/DME	Mantener los sistemas en TMA (Área Terminal de Maniobras) seleccionadas y completar desactivación de los VOR en ruta
DME/DME	Mantener cobertura de estos sistemas actuales como respaldo del sistema GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite)
NDB	Continuar con plan de desactivación según lo indicado en GREPECAS (14 abril 2007)

Fuente: Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II. Instalaciones y Servicios. [12]

Volumen 3 Regulación, establece planificación de cambios previsibles.

En general, el Plan de Navegación Aérea para Colombia, formula los lineamientos para el desarrollo estratégico, que orienta a la formulación de acciones que contribuyan a la optimización de capacidad y vuelos flexibles mediante nuevas tecnologías y efectividad en las operaciones en tierra. [12]

2.1.3 Resolución 716 de 2019 [10]

Expedida el 15 de marzo de 2019 por el Ministerio de Transporte, la cual establece inspecciones de los sistemas de radioayudas terrestres para la navegación aérea y de las ayudas visuales en territorio colombiano, adicionalmente establece periodicidad para las inspecciones y certificaciones tanto en tierra como en vuelo clasificado por sistema, ver

TABLA 3 y TABLA 4:

Tabla 3.Periodicidad realización Inspección y certificación en vuelo

Sistema	Periodicidad inspección y certificación en vuelo
ILS CAT. I y II	Cada 6 meses
ILS CAT. III	Cada 3 meses
VOR/DME	Cada 12 meses
NDB	Cada 18 meses
Ayudas Visuales	Cada 24 meses

Fuente: Resolución 00716 del 15 de marzo de 2019 [10]

Tabla 4.Periodicidad realización Inspección y certificación en tierra

Sistema	Periodicidad inspección y certificación en vuelo
ILS CAT. I y II	Cada 3 meses
ILS CAT. III	Cada 3 meses
VOR/DME	Cada 6 meses
NDB	Cada 9 meses

Fuente: Resolución 00716 del 15 de marzo de 2019 [10]

En algunas ocasiones antes de que caduque la certificación se puede ampliar dicha certificación, solo y únicamente cuando se cumpla con ciertos requisitos que se enlistan en esa resolución; si se llega a cumplir con esos requerimientos para la certificación de inspección en vuelo quedará la vigencia de la siguiente manera, ver **TABLA 5:**

Tabla 5.Periodicidad ampliada para realización Inspección y certificación en tierra

Sistema	Ampliación certificación inspección en vuelo
---------	--

ILS CAT. I y II	6 meses
ILS CAT. III	3 meses
VOR/DME	12 meses
NDB	18 meses

Fuente: Resolución 00716 del 15 de marzo de 2019 [10]

El formato por medio del cual la Aerocivil certifica las inspecciones a las radioayudas en tierra, se puede visualizar en el [ANEXO A.](#)

2.1.4 Circulares normativas de la Aeronáutica Civil

➤ CIRCULAR 036 GUÍA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO SISTEMAS OPERACIONALES. [8]

La Secretaría de sistemas Operacionales en conjunto con la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea de la Aerocivil, debatieron la importancia de regular e implementar la gestión del mantenimiento en los sistemas de Comunicaciones, Navegación, Vigilancia, Meteorología y Energía. Por lo anterior, se impartió la Circular 036 [8] Guía para la Gestión de Mantenimiento Sistemas Operacionales, la cual es un escrito básico que inicia con una metodología de mantenimiento y la prestación de turnos operativos.

La circular 036 [8] de la Secretaría de Sistemas Operacionales no tiene la generalidad de la implementación del mantenimiento Predictivo, Preventivo y Correctivo, que establezca procedimientos para la toma de decisiones y recomendaciones para atender o aplicar las recomendaciones del Anexo 10 – Volumen 1 [2], Documento 8071 [5] de la OACI o los consagrados en el RAC 19 [4].

Adicional a lo anterior, contiene una clasificación de los sistemas operacionales dentro de los cuales para navegación están los Sistemas DME, ILS y VOR que se encuentran categorizados como de Impacto Local.

De manera general define qué es el mantenimiento preventivo, reactivo, correctivo programado, predictivo, proactivo y define las actividades de monitoreo, gestión y control de los sistemas operativos, estableciendo el recurso humano, sus turnos (horarios) y las operaciones que se realizan en dichos turnos.

Dentro de los roles de mantenimiento preventivo a nivel nacional se evidencia y según se enuncia allí que en el Artículo 55, Res. 840 de 2004 [13] El grupo de ayudas a la navegación aérea, deberá “...establecer los requerimientos y posterior adquisición de repuestos, herramientas, equipos de prueba y accesorios para el mantenimiento de los sistemas de radioayudas para la navegación aérea a nivel nacional...”; igualmente, debe “garantizar el correcto y oportuno mantenimiento a los sistemas de radioayudas, mediante la coordinación de la asistencia técnica necesaria para la ejecución de los programas de mantenimiento preventivo, preventivo y mejorativo...”. Adicionalmente de coordinar el plan nacional de calibración de radioayudas con el grupo de vuelos de la Subdirección General y la Unidad de Flujo.[8]

✈ **CIRCULAR 050 GUÍA PARA LA GESTIÓN ATENCIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES AERONÁUTICAS.**[9]

Esta circular, establece actividades para la gestión de atención y mantenimiento de las estaciones que cuentan con sistemas operacionales, según los antecedentes descritos en la circular en mención.

En cuanto a responsabilidades, les corresponde a las Direcciones Regionales Aeronáuticas (en coordinación con el nivel central) supervisar, vigilar e inspeccionar el buen funcionamiento de los radioayudas.

Adicionalmente, establece de qué manera se seleccionará el recurso humano del mantenimiento dependiendo de la clasificación de las estaciones aeronáuticas, cantidad de equipos /sistemas instalados, complejidad del aeropuerto, actividades y tareas de mantenimiento aplicadas. El encargado de asignar dicho personal es la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea en conjunto con la Secretaría de Sistemas Operacionales, luego las Direcciones Regionales asignan los funcionarios con visto bueno por medio de la Dirección de Talento Humano. Adicional a lo anterior, determina requisitos mínimos del personal ATSEP (Profesionales en Electrónica para la Seguridad del Tráfico Aéreo) para atender la estación.[9]

Adicional a la normatividad y recomendaciones mencionadas anteriormente, en el [ANEXO B](#) se encuentra una breve descripción de algunas normas relacionadas principalmente con los RAC, que incluyen información sobre autoridad aeronáutica, funciones aeronáuticas,

transporte aéreo y la metodología y nomenclatura adoptada para la realización de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia.

2.2 NORMAS Y RECOMENDACIONES A NIVEL LATINOAMÉRICA SOBRE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA

2.2.1 Reglamento Aeronáutico de Latinoamérica (LAR) 210 Telecomunicaciones aeronáuticas [14]

Referente al tema de radioayudas, en el Capítulo B radioayudas para la Navegación, B-1 Disposiciones generales, B-2 Especificaciones relativas del documento LAR 210 [14] en su primera edición del 2019, define requisitos técnico-operacionales a ser cumplidos por el proveedor de servicios designado por la AAC (Autoridad de Aviación Civil) para definir y proporcionar los servicios de comunicaciones, navegación aérea y vigilancia; estableciendo disposiciones relacionadas teniendo en cuenta el factor humano.

Respecto a la información sobre el VOR, da a entender que se deben seguir los lineamientos establecidos en el al Anexo 10 [2]. Referente al sistema DME, da algunas especificaciones propias como la asociación de un DME con los otros dos sistemas, recomendando en todo caso consultar el Anexo 10 [2] [14].

2.2.2 Plan Regional CAR/SAM [15]

La región CAR/SAM comprendida por las Regiones Caribe y Sudamérica, ver **FIGURA 4**. Tiene establecido un plan para la implantación de los Sistemas CNS/ATM (Vigilancia / Gestión del Tráfico), donde se establecen consideraciones, estrategias y recomendaciones, de las cuales Colombia al ser integrante de dicha región las adopta, consiguiendo uniformidad en materia de aviación civil a nivel internacional.



Figura 4. Mapa regiones NAM, CAR y SAM según la OACI

Fuente: *The Pan American Region (RASG-PA Región)*[16]

El plan regional CAR/SAM contiene recomendaciones y consideraciones enfocadas a la implantación de Sistemas de Comunicaciones, Navegación, Vigilancia y Gestión del Tránsito Aéreo teniendo en cuenta aspectos jurídicos, financieros, organizacionales y de cooperación a nivel internacional.

Dentro de este documento en su numeral 1.5.3. Navegación, y 1.5.3.1., se puede deducir que las radioayudas se encuentran en una etapa de transición, ya que con la llegada de los sistemas GNSS (Sistema Mundial de Navegación por Satélite) que son basados en satélites se desarrolla un mayor nivel en las ayudas a la navegación. Por lo tanto, se estima que en algún tiempo indefinido (entendiendo que un proceso de transición puede extenderse) las radioayudas instaladas y utilizadas serán reemplazadas.

Además, en su Adjunto A precisa mantener el ILS por el tiempo necesario y mientras sea operacionalmente aceptable y económicamente beneficioso como sistema OACI normalizado de aproximación y aterrizaje de precisión.[15]

2.3 NORMAS Y RECOMENDACIONES A NIVEL INTERNACIONAL SOBRE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA

2.3.1 Normas impartidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

En esta sección se identifican y reconocen los métodos que recomienda la OACI acerca de las condiciones técnicas y de mantenimiento de los sistemas de radioayudas, con el propósito de distinguir los principales estándares a tener en cuenta y que son de suma importancia para el mantenimiento, monitoreo y control de los sistemas aeronáuticos de radioayudas a la navegación aérea.

➤ ANEXO 10 - TELECOMUNICACIONES AERONÁUTICAS [2]

Corresponde a un anexo al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, como consecuencia de la adopción de la Enmienda 70 el 20 de marzo de 1995; el Anexo 10 [2] se reestructuró en cinco volúmenes, ver **FIGURA 5**.

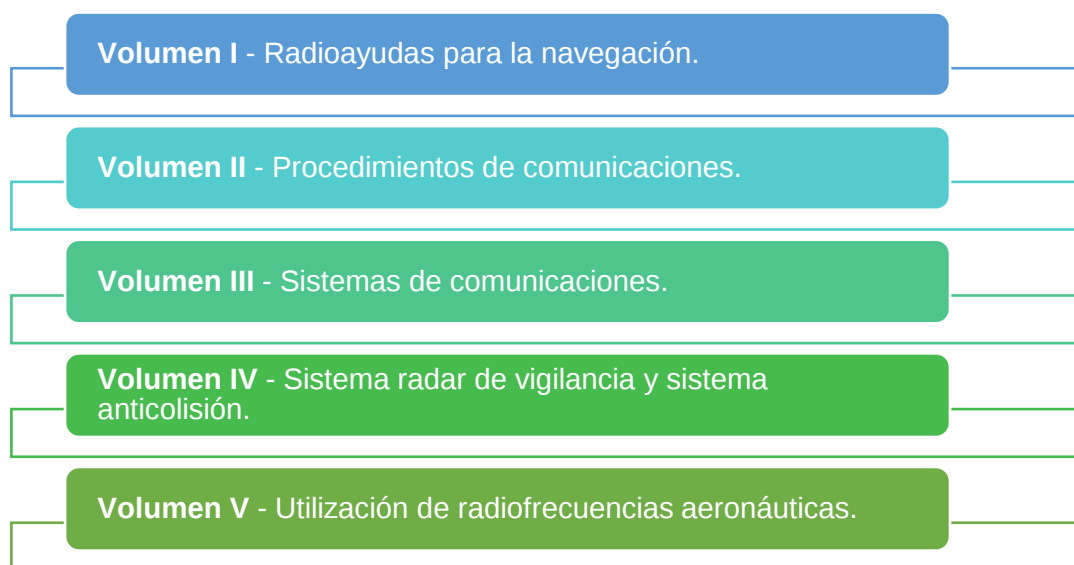


Figura 5. Estructuración del Anexo 10

Fuente: Adaptado del documento Anexo 10 7^{ma} edición. [2]

Los textos que constituyen el anexo son:

- ✦ *Normas y Métodos recomendados* que el Consejo ha adoptado de conformidad con las disposiciones del Convenio.
- ✦ *Apéndices* con texto que por conveniencia se agrupa por separado, pero que forma parte de las normas y métodos recomendados que ha adoptado el Consejo.
- ✦ *Adjuntos* que comprenden textos que suplementan los de las normas y métodos recomendados, o incluidos como orientación para su aplicación.

El Volumen I – Radioayudas para la navegación es la sección que resulta de interés para este trabajo, el cual hace referencia a las recomendaciones y normas aplicando métodos relativos a las telecomunicaciones aeronáuticas adoptadas desde el año 1949 del Departamento de Comunicaciones. En su interior se estipulan parámetros técnicos y operacionales, los cuales deben ser cumplidos por el fabricante durante su diseño e implementación, ya que el sistema debe garantizar las especificaciones técnicas verificadas por el departamento de pruebas en fábrica y finalmente pruebas en el lugar de instalación. También describe y da especificaciones (requisitos, generalidades) de cada uno de los sistemas normalizados de radioayudas y remite recomendaciones, indicando como estos sistemas se someterán a ensayos en tierra y vuelo.[2]

✦ *DOCUMENTO 8071 PARA LA OPERACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RADIOAYUDAS [5]*

Documento guía emitido por la OACI referente a las normas y recomendaciones relativas al funcionamiento y mantenimiento de sistemas de Radionavegación Terrestre donde se conceptúan dos servicios, el primero de radionavegación el cual proporciona información de guía o datos sobre la posición de las aeronaves de forma eficiente y segura mediante una o varias radioayudas para la Navegación y el segundo, servicio de radionavegación esencial, cuya interrupción ejerce un impacto en las operaciones del espacio aéreo.

En este documento se detallan aspectos relacionados al programa de inspección en tierra de Sistemas de Ayudas a la Navegación Aérea como lo son CVOR (VOR Convencional), DVOR (VOR Doppler), DME, ILS, MARCADORES y NDB (Baliza no direccional) de manera

general e instrucciones particulares para cada equipo instalado, teniendo en cuenta las descripciones por el fabricante para cada sistema en cada uno de sus manuales.[5]

2.3.2 Normas impartidas por la Administración de Aviación Federal (FAA)

Luego de realizar consulta en la página oficial de la FAA <https://www.faa.gov/>, se evidencia que esta es una organización que al igual que la OACI dicta algunas recomendaciones, instrucciones y reglamentaciones en lo relacionado al mercado aeronáutico; se realiza búsqueda de aquellas recomendaciones relacionadas a las telecomunicaciones aeronáuticas, condiciones y mantenimientos de los sistemas de radioayudas, de tal forma que se conozcan y se puedan adoptar estandarizadamente según se considere; encontrando que existe un Código Electrónico de Regulaciones Federales que nos proporciona esta información.

✈ CÓDIGO ELECTRÓNICO DE REGULACIONES FEDERALES

Dentro de este código, en los siguientes apartados se encuentran plasmados los requisitos de mantenimiento y operaciones de cada uno de los sistemas de radioayudas (TABLA 6):

Tabla 6. Requisitos de mantenimiento y operaciones para los sistemas de radioayudas

Título 14: Aeronáutica y espacio
Capítulo I: Administración Federal de Aviación, Departamento de transporte
Subcapítulo J: Instalaciones navegacionales
Parte 171: Instalaciones de navegación no federales
Subparte A: Instalaciones VOR
Ítem 171.11 Requisitos de mantenimiento y operaciones.
Subparte C: Instalaciones ILS
Ítem 171.51 Requisitos de mantenimiento y operaciones.
Subparte G: Instalaciones DME
Ítem 171.61 Requisitos de mantenimiento y operaciones.
El propietario debe
Establecer un sistema de mantenimiento adecuado.
Proporcionar personal de mantenimiento calificado para mantener la instalación al nivel adecuado.
El personal de instalación debe
Cumplir como mínimo con los requisitos de licencia de la Comisión Federal de Comunicaciones.

Demostrar que tiene el conocimiento y las habilidades especiales necesarias (procedimientos de mantenimiento y uso equipos de prueba).	
El propietario debe	
Preparar y obtener la aprobación de la FAA de un manual de operaciones y mantenimiento (procedimientos obligatorios para las operaciones, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento de emergencia), que incluya:	
Seguridad física de la instalación.	El mantenimiento y las operaciones deben ser realizados exclusivamente por personas autorizadas.
Requisitos de licencia de la FCC para el personal de operación y mantenimiento.	Un procedimiento aceptable para modificar o revisar el manual.
Notificación al Administrador de cualquier suspensión del servicio.	Procedimientos de mantenimiento detallados y específicos y guías de mantenimiento en las que se indique la frecuencia de las revisiones.
Puesta en servicio de la instalación.	Seguimiento de la instalación.
Nombres, direcciones y números de teléfono de las personas a las que se notificará en caso de emergencia.	Paradas para mantenimiento de rutina y emisión de "Avisos a los aviadores" para paradas de rutina o de emergencia.
Una explicación de los tipos de actividades (tales como construcción o nivelación) en las inmediaciones de la instalación que puedan requerir el cierre o la recertificación de la instalación mediante un control de vuelo de la FAA.	Conservación de los registros de la estación y otros informes técnicos.
El propietario debe	
Proporcionar todos los instrumentos de prueba aprobados necesarios para el mantenimiento de la instalación.	

Fuente: Código Electrónico de Regulaciones Federales [17]

2.3.3 Instrucciones impartidas por los fabricantes en sus manuales de mantenimiento

Cada uno de los fabricantes de equipos de navegación establecen un manual para cada modelo basados en parámetros establecidos por la OACI en su Anexo 10 Volumen I [2], con el fin de dar recomendaciones y pautas a tener en cuenta para la operación y mantenimiento del mismo. A continuación se mencionan algunos fabricantes y la información de manera general que contiene el manual de algunos de sus equipos (TABLA 7).

Se identificaron fabricantes como: INDRA, SELEX, MOPIENS, TOSHIBA, NORMARC, INTELCAN y THALES, de los cuales se tienen equipos VOR, DME e ILS instalados a nivel nacional.

Cada uno de estos manuales contiene especificaciones técnicas del sistema incluyendo procedimientos de prueba y los equipos de prueba a utilizar, principalmente contienen enfoque en definir la periodicidad para la realización de los mantenimientos y las actividades que se recomiendan realizar en cada uno de estos periodos establecidos, en algunos casos determina instrucciones para la realización de mantenimientos rutinarios y/o mantenimientos especiales, dejando en claro que se debe tener en cuenta las recomendaciones internacionales y las condiciones ambientales en el sitio.

Tabla 7. Recomendaciones dadas por los fabricantes frente al mantenimiento de los sistemas de radioayudas

FABRICANTE	EQUIPO	EQUIPO DE PRUEBA RECOMENDADO	PERIODICIDAD DE MTTO RECOMENDADA
INDRA	DME INDRA LDB 103 (ILS IADO). [18]	➤ Computadora con navegación ➤ Osciloscopio ➤ Multímetro digital	➤ Diario ➤ Semanal ➤ Trimestral ➤ Anual
	DVOR INDRA VRB-53D [19]	➤ Multímetro ➤ Acoplador direccional ➤ Atenuador ➤ Analizador de redes ➤ Kit de calibración ➤ Osciloscopio ➤ Voltímetro vectorial ➤ Potenciómetro	Intervalo de los mantenimientos acorde con lo definido en documento ED-52 o en la documentación de FAA.
SELEX	MODEL 1118^a/1119^a DME [20]	➤ Osciloscopio ➤ Cables de prueba ➤ Potenciómetro ➤ Vatímetro ➤ Atenuador ➤ Contador de frecuencia ➤ Voltímetro	➤ Trimestral ➤ Anual
	MODEL 1150 DOPPLER VHF OMNIRANGE (DVOR) [21]	➤ Osciloscopio ➤ Multímetro digital ➤ Contador de frecuencia ➤ Medidor de potencia	➤ Mensual ➤ Trimestral ➤ Semi Anual ➤ Anual
MOPIENS	MOPIENS 300 DME MARU 310-320 [22]	➤ Sensor de potencia USB ➤ Adaptador de sensor de potencia ➤ Analizador de espectro	➤ Mensual ➤ Trimestral ➤ Anual

		➤ Contador de frecuencias ➤ Multímetro digital ➤ Osciloscopio digital ➤ Generador de señal aviónica ➤ Acoplador direccional de RF ➤ Atenuador de alta potencia ➤ Analizador de red	
	MOPIENS 500 ILS 510/520 LOCALIZER / 530/540 GLIDE PATH [23]	➤ Multímetro ➤ Osciloscopio ➤ Contador de frecuencias ➤ Vatímetro ➤ Analizador de señal VOR/ILS ➤ Analizador de red vectorial	➤ Mensual ➤ Trimestral ➤ Semi Anual ➤ Anual
	MOPIENS MARU 220 DVOR [24]	➤ Osciloscopio ➤ Multímetro digital ➤ Contador de frecuencias ➤ Medidor de potencia ➤ Analizador ILS/VOR ➤ Analizador de red ➤ Cables de prueba	➤ Mensual ➤ Trimestral ➤ Anual
TOSHIBA	TOSHIBA DME [25]	➤ Analizador de red ➤ Contador de frecuencias ➤ Medidor de potencia pico ➤ Analizador de espectro ➤ Osciloscopio ➤ Multímetro digital ➤ Acoplador direccional ➤ Detector	➤ Diario ➤ Semanal ➤ Mensual/1.5 meses ➤ Anual
	TOSHIBA DVOR [26]	➤ Osciloscopio	➤ Diario

		➤ Tester ➤ Medidor de resistencia de aislamiento ➤ Desplazador de fase ➤ Vatímetro tipo línea directa	➤ Semanal ➤ Mensual/1.5 meses ➤ Trimestral ➤ Semestral ➤ Anual
NORMARC	NORMARC 7000 ILS. NORMARC 3543 ANTENNA SYSTEM [27] - NORMARC 3544 SIDEBAND SYSTEM [28] - NORMARC 3545 ARRAY GLIDE PATH ANTENNA SYSTEM [29]	➤ Teodolito ➤ Voltímetro vectorial con acoplador direccional de cuatro puertos ➤ Analizador de red ➤ PIR con antena portátil y atenuador ➤ Probadores de accesorios (cables, adaptadores coaxiales)	Describe actividades para mantenimiento preventivo y también para correctivo, no define periodicidad.
	NORMARC 7011B/7012B [30] NORMARC 7013B/7014B [31] NORMARC 7031B/7032B [32] NORMARC 7033B/7034B ILS [33]	➤ Analizador NAV con antena portátil ➤ Osciloscopio ➤ Cronómetro ➤ Contador de frecuencia ➤ Generador de señal RF con modulación ILS calibrada ➤ Voltímetro ➤ Vatímetro	➤ Mensual ➤ Semestral ➤ Anual
INTELCAN	DME INTELCAN SKYNAV N9000 [34]	No define equipo de prueba	➤ Semanal ➤ Semestral ➤ Anual
	ILS INTELCAN N8100-N8200 [35]	No define equipo de prueba	➤ Semanal ➤ Mensual ➤ Trimestral ➤ Semestral

			✈ Anual
THALES	CVOR 431 [36]	✈ Auriculares ✈ Dipolo de campo portátil ✈ Resistencia RF ✈ Multímetro ✈ Equipo de mantenimiento de batería (acidímetro, aerómetro, termómetro)	✈ Mensual ✈ Semestral ✈ Anual
	DME 415/435 RPM [37]	✈ Osciloscopio ✈ Multímetro ✈ Medidor de potencia ✈ Contador de tiempo ✈ Analizador de espectro	Mantenimiento periódico cada 2 años según clientes.
	ILS 420 GLIDE PATH 422 [38]	✈ PIR ✈ Multímetro ✈ Contador y generador de frecuencia ✈ Analizador de espectro ✈ Equipo de mantenimiento de batería	✈ Semanal ✈ Trimestral ✈ Semestral (obligatorio) ✈ Anual

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

Para conocer información más específica y detallada acerca de las recomendaciones que dicta cada uno de los fabricantes, se pueden consultar los Anexos [C](#) al [R](#).

3 ESTADO DEL ARTE DENTRO DE LA AEROCIVIL

En esta sección se detalla el estado actual de la Entidad con respecto al mantenimiento de los Sistemas aeronáuticos de radioayudas, identificando cual es el procedimiento que se maneja internamente para la ejecución de los mantenimientos, los recursos con que disponen, bajo qué parámetros se ejecutan, y aspectos adicionales que proporcionan información relevante para definir la propuesta; encontrando los aspectos positivos a afianzar y aquellos deficientes a mejorar.

3.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA AERONÁUTICA CIVIL PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO DE LAS RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA

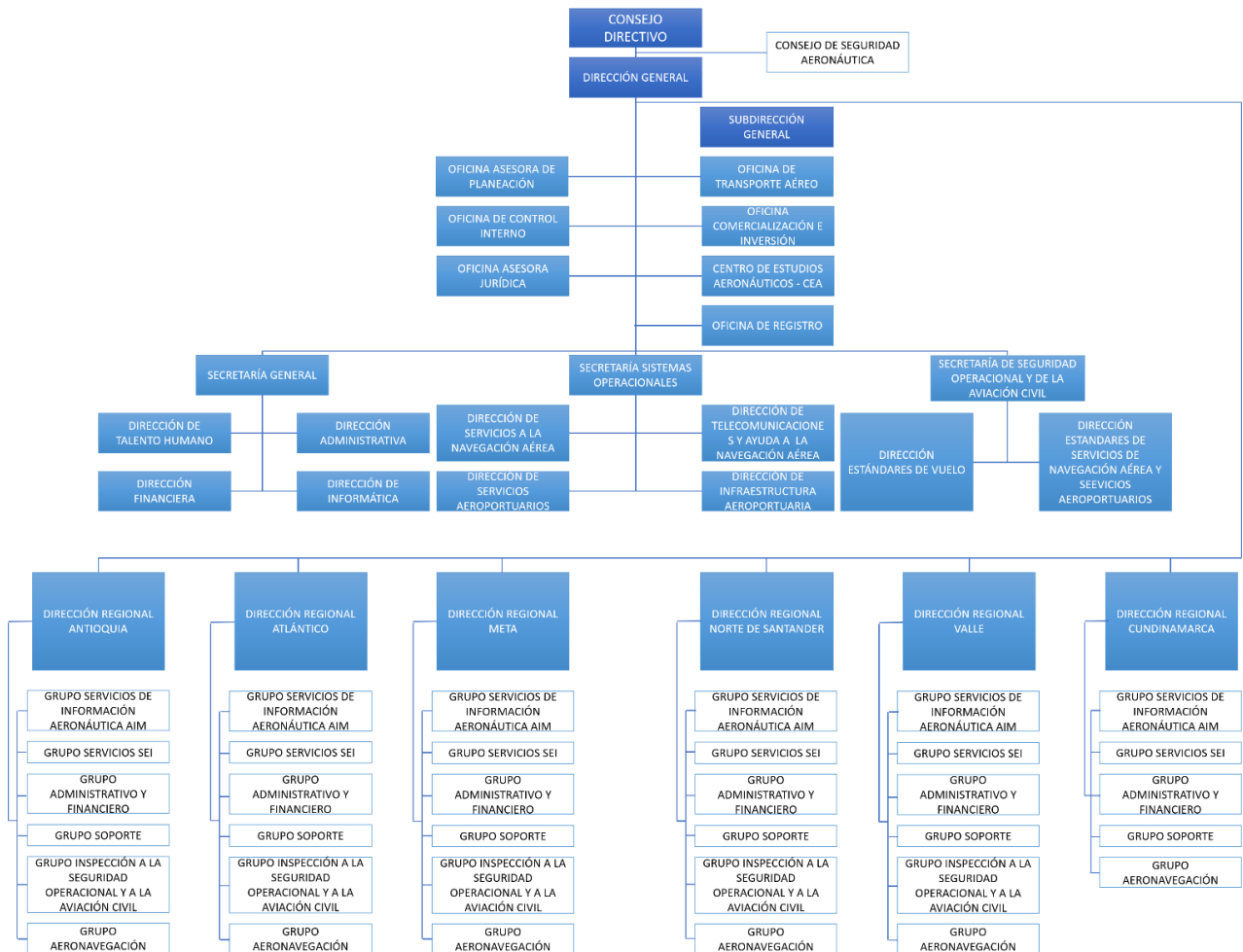


Figura 6. Estructura organizacional de la Aerocivil

Fuente: Adaptado de Organigrama original de la Entidad [39]

La estructura manejada dentro de la Entidad se encuentra representada mediante un organigrama o gráfico de jerarquía, donde se ve reflejada la posición de las áreas y/o dependencias que la conforman, ver **FIGURA 6**.

Para el tema de radioayudas, el área encargada se encuentra liderada en primera instancia por las Direcciones regionales a través de los grupos de soporte.

3.1.1 Decreto 823 de 2017 [40]

Por medio de este se modifica la estructura de la Aerocivil y se dictan otras disposiciones, como definición de las funciones generales de la Aerocivil, modifica o adiciona funciones según sea el caso por oficina o dependencia, principalmente establece aquellas inherentes a cada una de las Direcciones y Secretarías, indicando que estas deben Proponer modificaciones y enmiendas a los Reglamentos Aeronáuticos en los temas que le competen.

Dentro de este decreto, su Artículo 19 referente a las funciones de las Direcciones Regionales contiene párrafos que indican la cantidad y en donde se encuentra ubicada cada una de las Direcciones Regionales y se da a conocer además que estas son dependientes de la Dirección General.

El artículo 13 de este decreto corresponde a las funciones de la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea estableciendo que esta debe gestionar los recursos necesarios para el mantenimiento de la infraestructura tecnológica aeronáutica e implementar programas para atender dicho mantenimiento.[40]

3.1.2 Resolución 01357 de 2017 [41]

A través de esta resolución se crean y estructuran Grupos Internos de Trabajo a nivel central, de modo tal que se cumpla la misión de la Entidad de manera eficiente, estableciendo las funciones de cada uno de los grupos. Por cada dependencia se establecen estos grupos internos de trabajo, para el caso que nos compete, la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea contiene 5 grupos los cuales son:

- Comunicaciones y Redes Aeronáuticas
- Sistemas para la Meteorología Aeronáutica

- Radioayudas a la Navegación Aérea (grupo de interés de esta tesis): algunas de las funciones definidas en esta resolución para este grupo en especial son:
 - Ejecutar las inspecciones y calibraciones de las radioayudas de navegación aérea que sean obligatorias para la certificación periódica de los sistemas ya instalados y en operación oficial.
 - Definir requerimientos y adquirir los repuestos, herramientas y equipos de prueba para mantenimiento de las radioayudas.
 - Garantizar el correcto y oportuno mantenimiento a los sistemas de ayuda a la navegación aérea.
- Vigilancia y Automatización Aeronáutica
- Energía y Sistema Electromecánico.[41]

3.1.3 Infraestructura por Regionales

La aeronáutica civil por motivos de descentralización y de ser eficientes en la atención de sus responsabilidades, se ha dividido en un (1) nivel central y seis (6) regionales.

El nivel central se encarga de realizar los planes, estudios e implementaciones necesarios para un mejoramiento día a día de los servicios ofrecidos con actualización tecnológica en concordancia con las responsabilidades adquiridas y seguimiento a las regionales en su gestión.

A cada una de las seis regionales se le ha designado un área de atención y un sitio de ubicación principal, desde donde se encarga de atender las necesidades de mantenimiento y sostenibilidad de su área designada, dando reportes de su gestión e inversión de los recursos asignados desde el nivel central.

- Regional Cundinamarca, ubicada su cabecera en la ciudad de Bogotá, los departamentos a su cargo son:

➤ Amazonas	➤ Cundinamarca
➤ Bogotá	➤ Huila
➤ Boyacá	➤ Putumayo
➤ Caquetá	➤ Tolima

- Regional Antioquia, Ubicación cabecera principal municipio de Rionegro (Antioquia), los departamentos a su cargo son:

➤ Antioquia	➤ Córdoba
➤ Caldas	➤ Chocó

- Regional Atlántico, Ubicación cabecera principal municipio de Soledad (Atlántico), los departamentos a su cargo son:

➤ Atlántico	➤ Magdalena
➤ Bolívar	➤ San Andrés y
➤ Cesar	Providencia
➤ Guajira	➤ Sucre

- Regional Valle, Ubicación cabecera principal municipio de Palmira (Valle del Cauca), los departamentos a su cargo son:

➤ Valle del Cauca	➤ Risaralda
➤ Cauca	➤ Quindío
➤ Nariño	

- Regional Norte de Santander, Ubicación cabecera principal en la ciudad de Cúcuta (Norte de Santander), los departamentos a su cargo son:

➤ Arauca	➤ Santander
➤ Norte de Santander	

- Regional Meta, Ubicación cabecera principal en la ciudad de Villavicencio (Meta), los departamentos a su cargo son:

➤ Casanare	➤ Meta
➤ Guainía	➤ Vaupés
➤ Guaviare	➤ Vichada

Gráficamente la conformación de estas regionales se representa de la siguiente manera, ver FIGURA 7.



Figura 7.División de Colombia en regionales de la Aerocivil

Fuente: Propia

3.2 RECURSOS PARA EL MANTENIMIENTO DE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA[42]

3.2.1 *Recurso humano*

La infraestructura Aeronáutica (Vigilancia, Energía, Comunicaciones, Meteorología y radioayudas) es adquirida por la Aerocivil a través de la Dirección de Telecomunicaciones y sostenidos “*mantenimiento*” por cada una de las Direcciones Regionales a través de los Grupos de Soporte técnico, Personal de electrónica de seguridad de tráfico aéreo (ATSEP) quienes realizan la gestión de Tecnología y Mantenimiento Electrónico/Eléctrico de los sistemas Aeronáuticos. [4]

Con el fin de fortalecer las competencias laborales de soporte, instalación, y mantenimiento en temas como sistemas de comunicación, navegación, vigilancia, meteorología y energía que son soporte de los Servicios de Navegación Aérea, la Aerocivil cuenta con ambientes de aprendizaje, en el CEA (Centro de Estudios Aeronáuticos) donde se tienen 3 laboratorios especializados (telecomunicaciones, electricidad y electrónica).

En la actualidad se cuenta en cada regional con un personal específico que conforman los Grupos de soporte, como se evidencia en la **TABLA 8**:

Tabla 8. Conformación actual de los grupos de soporte

GRUPOS DE SOPORTE		
REGIONAL	CARGO	CANTIDAD
Cundinamarca	➤ Técnico	7
	➤ Ingeniero	2
Antioquía	➤ Técnico	2
	➤ Ingeniero	1
Atlántico	➤ Técnico	2
Valle	➤ Técnico	3
Norte de Santander	➤ Técnico	3
Meta	➤ Técnico	1

Fuente: Aerocivil

➤ ACUERDO 28 DE 2010 [43]

Por medio de este comunicado se actualiza el Programa Nacional de Instrucción para el personal ATSEP, el cual se encuentra desarrollado adoptando el Anexo 10 [2] y documentos como 8071 [5] y 7192-AN/857 parte E-2 [44] de la OACI. Este programa es de obligatorio cumplimiento y la duración del mismo está determinado por el Consejo Académico del CEA.

De acuerdo con el Manual Específico de Funciones y Competencias Laborales de la Aerocivil, el personal ATSEP tiene funciones tales como: Realizar mantenimiento a la infraestructura de los sistemas CNS/ATM (calibración en vuelo y en tierra, certificación de los sistemas, mantenimiento preventivo y correctivo); llevar a cabo la planificación, supervisión, instalación y conservación; administrar y controlar la operación; planificar, diseñar, desarrollar, revisar los sistemas y/o las normas y procedimientos de mantenimiento.

En la Aerocivil para el personal ATSEP aplican 5 especialidades o disciplinas que son:

- Comunicaciones **COM.**
- Navegación **NAV.** (de interés)
- Vigilancia Aeronáutica **SUR.**
- Meteorología Aeronáutica **MET.**
- Sistemas de Energía **SE.** y Ayudas Visuales para la Navegación Aérea **AVNAV.**
- Procesamiento de datos y Automatización **PDA.**

PROGRAMA GENERAL: Se identifican 5 niveles de instrucción, ver **FIGURA 8:**

- Nivel 1 Capacitación básica consistente en la familiarización con los servicios de navegación aérea (cumplimiento obligatorio independiente de la especialidad, lo que se convierte en un requisito para proceder a realizar el nivel 2). [43]
- Nivel 2 Capacitación de fundamentación contiene información dada a través de cursos sobre los conocimientos y habilidades de una determinada especialidad (por ejemplo, Navegación), este nivel al igual que el anterior es prerequisite para poder avanzar al siguiente nivel. [43]
- Nivel 3 Capacitación de especialización en equipos determinados en las especialidades o disciplinas que se mencionaron con anterioridad (cumplimiento obligatorio), buscando brindar competencias para el trabajo en sistemas convencionales para la navegación aérea y sistema GNSS, para la disciplina de interés se estudia un módulo por cada sistema (NDB, CVOR, DVOR, DME, ILS) además de adquirir conocimientos en equipos a bordo, procesamiento de datos, seguridad y estrategias de mantenimiento.

Se recibe Instrucción Práctica en el Puesto de Trabajo (IPPT) la cual es ineludible y se transmite en el nivel 3 “Capacitación Especializada o Específica de Sistema/Equipo” esta es obligatoria y esencial para el desempeño de funciones de mantenimiento como planificación, instalación, certificación y supervisión de los sistemas CNS (Responsables: Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea con los grupos de soporte técnico). [43]

- Nivel 4 Capacitación continuada la cual es dada para incrementar los conocimientos y en dado caso prepararlos para nuevas tecnologías. Aquí se imparten conocimientos sobre los equipos CNS en OJT o IPPT los cuales son de carácter irrevocable para reconocer la competencia del personal en su puesto de trabajo. Los niveles 3 y 4 tienen como prerrequisito los niveles inferiores 1 y 2, dentro de estos se adquieren habilidades teóricas y prácticas que garantizan el conocimiento general del equipo, los procedimientos para su operación y oportunamente los procedimientos para el mantenimiento. [43]
- Nivel 5 Capacitación de desarrollo impartida para proveer habilidades adicionales que son necesarias para un nuevo perfil de trabajo (diplomados, especializaciones, etc.), enfocado en gestión del mantenimiento de la infraestructura aeronáutica, formación en CNS y formación de instructores en IPPT – OJT.[43]



Figura 8. Resumen por niveles de la capacitación del personal ATSEP
Fuente: Adaptado del Acuerdo 28 de 2010 [43]

✦ *DECRETO 475 DE 2019 [42]*

Por el cual se modifica el Decreto 1083 de 2015, Reglamentario Único del Sector de Función Pública, en lo relacionado con la capacitación y estímulos de los servidores de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – Aerocivil.

Establece políticas que orientan la capacitación de los servidores, rigiéndose por el principio de igualdad de tal forma que todo el personal pueda tener acceso a capacitación en igualdad de condiciones.

Determina las modalidades de capacitación, quiénes intervienen en los procesos de capacitación, identificación de competencias, y las áreas sobre las cuales el CEA se encuentra en capacidad y posee plan de capacitación para el personal aeronáutico.

Los ciclos o fases de capacitación que se tienen estipulados son:

1. Formación básica
2. Cualificación en el puesto de trabajo
3. Recurrencia y/o actualización
4. Especialidades operativas
5. Competencias estratégicas-administrativas y de docencia

3.2.2 Herramientas.

En cada una de las estaciones ubicadas a nivel nacional que cuentan con sistemas de radioayudas, se encuentran las siguientes herramientas, para el mantenimiento principalmente de la zona aledaña al equipo:

- ✦ Guadañadora gas 2.5hp 46cc b45 SHINDAIWA
- ✦ Carrete yoyo 4300 ECHO
- ✦ Cuchilla corbatín ancho guadaña SHINDAIWA
- ✦ Fumigadora espalda 20L tradicional HERRAGRO
- ✦ Matamaleza -ROUNDUP 747 1Lt
- ✦ Presurizador automático 35l/min 9m PEDROLLO
- ✦ Hidrolavadora HD585 1500Psi 115V/220V KARCHER
- ✦ Carreta plástica 100Lt llanta neumática HERRAGRO
- ✦ Pala redonda 26x33x95cm con cabo

- Azadón 26x19x110cm con cabo
- Rastrillo metálico 10 dientes con cabo
- Zapapico 5Lb forjado 48x10x20cm c/cabo
- Machete tres canales 22pg
- Llave banda para filtro 2 STANLEY
- Sopladora 600w 16000rpm STANLEY
- Taladro inalámbrico 1/2 12v i/l 0-1500rpm DEWALT
- Juego herramientas mecánicas 128 pzas CRESCENT
- Set de herramientas de precisión x24pzas
- Juego llave Torx de seguridad plegable 8pc
- Juego llave Hex plegable 8pc 1.5 - 8 mm
- Juego herramientas 115pzas+bolsa lona Mc
- Juego 9 brocas muro-metal madera

3.2.3 Equipos de medida.

El grupo de radioayudas de la Aerocivil cuenta con los siguientes equipos de medida (ver **TABLA 9**), los cuales se encuentran disponibles en cada uno de los radioayudas ubicados a lo largo del país:

Tabla 9.Equipos de medida existentes para radioayudas

CANTIDAD	EQUIPO	FUNCIÓN	MARCA
3	Osciloscopios	Registra oscilaciones de ondas y permite visualizarlas en pantalla.	Tektronix
1	Analizador de espectros portátil	Evaluar las señales eléctricas en determinadas frecuencias.	Tektronix
1	Vatímetro digital GP	Medir la potencia en vatios de la energía eléctrica a un circuito.	Bird
1	Vatímetro digital VOR		Anritsu
1	Analizador de redes	Analizar las propiedades de las redes eléctricas (reflexión, transmisión)	Anritsu
1	Multímetro digital	Medir diferentes parámetros eléctricos y magnitudes (voltios, amperios, ohmios)	Fluke

Fuente: Entrevista-correo Sergio Arturo Salazar.

3.2.4 Idoneidad y certificaciones de operación en sistemas de radioayudas

La Entidad luego de realizar las inspecciones en tierra y de consignar la información en los formatos establecidos y que los resultados arrojados en la prueba sean positivos, procede a realizar certificación de la inspección ejecutada, dejando registro de ello mediante el [Formato Certificado de inspección radioayudas en tierra](#) el cual está realizado de acuerdo al Documento 8071 de la OACI [5].

Importantísimo recordar que el personal que intervenga en estas inspecciones debe estar certificado y debe cumplir con los requerimientos que dicta el documento 8071 de la OACI (numeral 1.12.4).[10]

Para un mayor entendimiento de la información plasmada anteriormente, se hace necesario poner a disposición la siguiente información (ver **TABLA 10**), que contiene las principales características de cada una de las categorías de los sistemas ILS (categorías I, II, III).

Tabla 10.Categorías de los sistemas ILS

CATEGORÍA	ALTITUD DE DECISIÓN MÍNIMA	VISIBILIDAD HORIZONTAL MÍNIMA
I	Hasta 60 metros (sobre la elevación de cabecera de la pista) (≤ 60)	No menor de 800 metros (≥ 800)
II	Hasta 30 metros (≤ 30)	No menor a 350 metros (≥ 350)
III	Permite al avión aproximarse a la pista y a la vez aterrizar en ella.	
IIIA	Inferior a 30 metros o sin esta (< 30)	No inferior a 200 metros (≥ 200)
IIIB	Inferior a 15 metros o sin altura de decisión (< 15)	Inferior a 200 metros, pero no inferior a 50 metros ($50 < 200$)
IIIC	Sin limitaciones	Sin limitaciones

Fuente: Tesis "Elaboración del manual de aplicación para los equipos que conforman los sistemas de navegación aérea en aproximación de precisión por instrumentos" [45]

3.2.5 Acceso a estaciones.

La Entidad cuenta con un formato establecido que se encuentra en el aplicativo ISOLUCIÓN el cual es un software del sistema de información de calidad que contiene de manera normalizada los documentos de la Aerocivil, el cual es denominado “*Autorización de ingreso a estaciones aeronáuticas, aeropuertos y dependencias técnicas de la Aeronáutica Civil*” (Ver [ANEXO S](#)), este formato contiene campos a diligenciar como fecha, estación a la que se ingresará, información del responsable de la solicitud, las actividades a realizar, listado del personal que ingresará, y las firmas de autorización; adicional describe algunos datos a tener en cuenta.

Es importante el uso adecuado y controlado de este formato como soporte de evidencia para trazabilidad y auditorias.

3.3 CONDICIONES TÉCNICAS Y FINANCIERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA.

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.

Por lo cual el Estado Colombiano debe garantizar un servicio de Ayudas a la Navegación Aérea dentro de las normas y recomendaciones internacionales establecidas y las cuales el Estado Colombiano se comprometió a cumplir con su firma del acuerdo de Chicago.

3.3.1 Análisis técnico de los sistemas de radioayudas a la navegación aérea en Colombia

Colombia cuenta actualmente con una infraestructura extendida en el territorio colombiano de 76 estaciones (51 sistemas VOR, 51 sistemas DME asociados a VOR, 16 sistemas ILS con su respectivo DME de baja potencia y 09 sistemas NDB) para la navegación aérea. [12] La Aerocivil es la encargada, a través de los Grupos de Soporte de mantener operando

de manera correcta y continua estos sistemas, donde se trata de dar periodicidad a los vuelos de certificación de los sistemas VOR, DME e ILS atendiendo las recomendaciones impartidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

La Aerocivil dentro de su plataforma ISOLUCIÓN en el proceso de GESTIÓN DE TECNOLOGÍA CNS/MET/ENERGÍA/AYUDAS VISUALES cuenta con formatos tales como:

- Formato de inspección de tierra de DME: contiene partes para el diligenciamiento como lo son Datos generales del sitio, medición de parámetros como medidas básicas y específicas, monitoreo de alarmas, inspección visual, seguridad y observaciones. (ver [ANEXO T](#)).
- Formato de inspección en tierra de ILS: con secciones para tramitar como Datos generales del sitio, medición de parámetros tanto para medidas básicas como transmisor de curso, clearance transmitter y chequeo de alarmas, inspección visual, seguridad y observaciones. (ver [ANEXO U](#)).
- Formato de inspección en tierra de VOR: con secciones para completar como Datos generales del sitio, medición de parámetros tanto para medidas básicas como específicas y monitoreo de alarmas, lista de chequeo inspección visual, seguridad y observaciones. (ver [ANEXO V](#)).

➤ SISTEMAS VOR, DME E ILS (LOC-GP) A CARGO DE LAS DIFERENTES REGIONALES DE LA AERONÁUTICA CIVIL.

Cada una de las regionales Cundinamarca (**TABLA 11**), Antioquia (**TABLA 12**), Valle (**TABLA 13**), Meta (**TABLA 14**), Atlántico (**TABLA 15**) y Norte de Santander (**TABLA 16**) cuenta con una cantidad determinada de equipos como se evidencia en cada una de las siguientes tablas.

Regional Cundinamarca:

Tabla 11. Equipos de radioayudas existentes en la Regional Cundinamarca

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE LA AERONAUTICA CIVIL DIRECCIÓN DE TELECOMUNICACIONES Y AYUDAS A LA NAVEGACIÓN AEREA EQUIPOS A CARGO DE LA REGIONAL CUNDINAMARCA		
ESTACIONES	EQUIPO	MARCA
BUVIS	DVOR	THOMSON
BUVIS	DME	WILCOX
FLORENCIA	DVOR	INDRA
FLORENCIA	DME	SELEX
GIRARDOT	CVOR	THOMSON
GIRARDOT	DME	WILCOX
IBAGUE	DVOR	INDRA
IBAGUE	DME	INDRA
LETICIA	DVOR	SELEX
LETICIA	DME	SELEX
LETICIA	ILS/GS	WILCOX
LETICIA	ILS/LOC	WILCOX
LETICIA	ILS/DME	FERNAU
MARIQUITA	DVOR	TOSHIBA
MARIQUITA	DME	TOSHIBA
NEIVA	DVOR	INDRA
NEIVA	DME	INDRA
P LEGUIZAMO	DVOR	SELEX
P LEGUIZAMO	DME	SELEX
BOGOTÁ (El Rosal)	DVOR	ASSI
BOGOTÁ (El Rosal)	DME	ASSI
ELDORADO PISTA 13 R	ILS/GS13R	NORMARC
ELDORADO PISTA 13 R	ILS/LOC 13R	NORMARC
ELDORADO PISTA 13 R	MARKER/IM	NORMARC
ELDORADO PISTA 13 R	MARKER/MM	NORMARC
ELDORADO PISTA 13 R	ILS/DME13R	INDRA
ELDORADO PISTA 13 L	ILS/GP 13L	SKYNAV
ELDORADO PISTA 13 L	ILS/LOC 13L	SKYNAV
ELDORADO PISTA 13 L	ILS/DME13L	SKYNAV

CEUTA PISTA13L	OM 13L	NARDEAUX
CEUTA PISTA13L	NDB	TELERAD
BOGOTÁ (ROMEO-Normandía)	NDB CL EXIT	TELERAD
ZIPAQUIRA	DVOR	NORMARC INDRA
ZIPAQUIRA	DME	NORMARC INDRA
SOACHA	DVOR	AMS
SOACHA	DME	AMS
PUERTO ASÍS	NDB	NAUTEL
AMBALEMA	DVOR	SELEX
AMBALEMA	DME	SELEX
SAN VICENTE	DVOR	SELEX
SAN VICENTE	DME	SELEX

Fuente: Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II. Instalaciones y Servicios.[12]

Regional Antioquia:

Tabla 12. Equipos de radioayudas existentes en la Regional Antioquia

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE LA AERONAUTICA CIVIL DIRECCIÓN DE TELECOMUNICACIONES Y AYUDAS A LA NAVEGACIÓN AEREA EQUIPOS A CARGO DE LA REGIONAL ANTIOQUIA		
ESTACIONES	EQUIPO	MARCA
RNG / J.M. CORDOVA	DVOR	ASI
RNG / J.M. CORDOVA	DME	ASI
RNG / J.M. CORDOVA	ILS/LOC	ASI
RNG / J.M. CORDOVA	ILS/GP	ASI
RNG / J.M. CORDOVA	ILS/DME	FERNAU
RNG / J.M. CORDOVA	MARKER/MM	WILCOX
RNG / J.M. CORDOVA	MCL	AEROCOM
RNG / J.M. CORDOVA / LA CEJA	OCL	AEROCOM
RNG / J.M. CORDOVA / LA CEJA	MARKER/OM	WILCOX
RNG / J.M. CORDOVA/GUARNE	NDB	NAUTEL
MARINILLA	DVOR	ALCATEL
MARINILLA	DME	ALCATEL
MONTERIA	DVOR	MOPIENS
MONTERIA	DME	MOPIENS

MONTERIA	ILS/LOC	MOPIENS
MONTERIA	ILS/GP	MOPIENS
MONTERIA	ILS/DME	MOPIENS
OTU	CVOR	THOMSON
OTU	DME	WILCOX
LOS CEDROS (CAREPA)	CVOR	WILCOX
LOS CEDROS (CAREPA)	DME	THOMSON
QUIBDÓ	DVOR	ASI
QUIBDÓ	DME	FERNAU
QUIBDÓ	ILS/LLZ	NORMARC
QUIBDÓ	ILS/GP	NORMARC
QUIBDÓ	ILS/DME	FERNAU
MANIZALES	DVOR	THALES ATM
MANIZALES	DME	THALES ATM

Fuente: Coloque el autor de la figura o el documento de origen [12]

Regional Valle:

Tabla 13. Equipos de radioayudas existentes en la Regional Valle

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE LA AERONAUTICA CIVIL DIRECCIÓN DE TELECOMUNICACIONES Y AYUDAS A LA NAVEGACIÓN AEREA EQUIPOS A CARGO DE LA REGIONAL VALLE		
ESTACIONES	EQUIPO	MARCA
BUENAVENTURA	CVOR	THOMSON
BUENAVENTURA	DME	FERNAU
CALI PUERTO	CVOR	ASI
CALI PUERTO	DME	ASI
CALI	ILS/LOC	NORMARC
CALI	ILS/GP	NORMARC
CALI	ILS/DME	FERNAU
CALI AS	MARKER/MM	ASI
CALI AS	MCL	NAUTEL
CALI PUERTO	MARKER/OM	ASI
CALI PUERTO	NDB	NAUTEL
CALI LA PALMA	CL EXIT	TELERAD
IPIALES	DVOR	INDRA
IPIALES	DME	INDRA

MERCADERES	CVOR	WILCOX
MERCADERES	DME	WILCOX
PASTO	CVOR	ASI
PASTO	DME	ASI
PASTO	ILS/LOC	NORMARC
PASTO	ILS/GP	SELEX
PASTO	ILS/DME	FERNAU
PEREIRA	CVOR	INDRA
PEREIRA	DME	INDRA
PEREIRA	ILS/LLZ	MOPIENS
PEREIRA	ILS/GP	MOPIENS
PEREIRA	ILS/DME	MOPIENS
TULUA	CVOR	WILCOX
TULUA	DME	WILCOX
TUMACO	CVOR	WILCOX
TUMACO	DME	WILCOX
ARMENIA	DVOR	SELEX
ARMENIA	DME	SELEX
ARMENIA	ILS/LOC	SELEX
ARMENIA	ILS/GP	SELEX
ARMENIA	ILS/DME	SELEX
EL PASO	NDB	SAC
GUAPI	NDB	NAUTEL
POPAYAN	DVOR	SELEX
POPAYAN	DME	SELEX

Fuente: Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II. Instalaciones y Servicios. [12]

Regional Meta:

Tabla 14. Equipos de radioayudas existentes en la Regional Meta

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE LA AERONAUTICA CIVIL DIRECCIÓN DE TELECOMUNICACIONES Y AYUDAS A LA NAVEGACIÓN AEREA EQUIPOS A CARGO DE LA REGIONAL META		
ESTACIONES	EQUIPO	MARCA
MITU	DVOR	WILCOX
MITU	DME	WILCOX
P. CARREÑO	CVOR	ASI

P. CARREÑO	DME	ASI
P. INIRIDA	CVOR	ASI
P. INIRIDA	DME	FERNAU
S.J. GUAVIARE	CVOR	WILCOX
S.J. GUAVIARE	DME	WILCOX
VILLAVICENCIO	CVOR	ASI
VILLAVICENCIO	DME	WILCOX
EL YOPAL	DVOR	INDRA
EL YOPAL	DME	INDRA
EL YOPAL	ILS/LOC	SELEX
EL YOPAL	ILS/GP	SELEX
EL YOPAL	ILS/DME	SELEX

Fuente: Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II. Instalaciones y Servicios. [12]

Regional Atlántico:

Tabla 15. Equipos de radioayudas existentes en la Regional Atlántico

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE LA AERONAUTICA CIVIL DIRECCIÓN DE TELECOMUNICACIONES Y AYUDAS A LA NAVEGACIÓN AEREA EQUIPOS A CARGO DE LA REGIONAL ATLANTICO		
ESTACIONES	EQUIPO	MARCA
CARTAGENA	CVOR	SELEX
CARTAGENA	DME	SELEX
CARTAGENA	ILS/GP	SKYNAV
CARTAGENA	ILS/LOC	SKYNAV
CARTAGENA	ILS/DME	SKYNAV
COROZAL	DVOR	SELEX
COROZAL	DME	SELEX
SANTA MARTA	CVOR	ALCATEL
SANTA MARTA	DME	ALCATEL
EL BANCO	CVOR	THOMSON
EL BANCO	DME	WILCOX
MAGANGUE	CVOR	THOMSON
MAGANGUE	DME	WILCOX
BQA / Ernesto Cortissoz	ILS/LOC	WILCOX
BQA / Ernesto Cortissoz	ILS/GP	WILCOX

BQA / Ernesto Cortissoz	ILS/DME	FERNAU
POLO NUEVO	DVOR	THALES
POLO NUEVO	DME	THALES
SAN ANDRES	DVOR	INDRA
SAN ANDRES	DME	WILCOX
VALLEDUPAR - LA PAZ	CVOR	WILCOX
VALLEDUPAR - LA PAZ	DME	WILCOX
RIOHACHA	DVOR	ASI
RIOHACHA	DME	ASI

Fuente: Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II. Instalaciones y Servicios. [12]

Regional Norte de Santander:

Tabla 16. Equipos de radioayudas existentes en la Regional Norte de Santander

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE LA AERONAUTICA CIVIL DIRECCIÓN DE TELECOMUNICACIONES Y AYUDAS A LA NAVEGACIÓN AEREA EQUIPOS A CARGO DE LA REGIONAL NORTE DE SANTANDER		
ESTACIONES	EQUIPO	MARCA
ARAUCA	DVOR	INDRA
ARAUCA	DME	INDRA
BARRANCABERMEJA	DVOR	ASI
BARRANCABERMEJA	DME	WILCOX
BUCARAMANGA	CVOR	ASI
BUCARAMANGA	DME	ASI
BUCARAMANGA	ILS/LOC	NORMARC
BUCARAMANGA	ILS/GP	NORMARC
BUCARAMANGA	ILS/DME	FERNAU
PIEDRECUESTA	DVOR	INDRA
PIEDRECUESTA	DME	INDRA
CUCUTA	DVOR	ASI
CUCUTA	DME	ASI
CUCUTA	ILS/LOC	NORMARC
CUCUTA	ILS/GP	NORMARC
CUCUTA	ILS/DME	FERNAU
CHIVERA	MARKER/MM	WILCOX

CHIVERA	MCL	AEROCOM
CUCUTA	ILS/LOC	SELEX
CUCUTA	ILS/GP	SELEX
CUCUTA	ILS/DME	SELEX
LA VEGA POTRO	MARKER/OM	WILCOX
LA VEGA POTRO	OCL	AEROCOM
SARAVENA	NDB	AEROCOM
TAME	DVOR	SELEX
TAME	DME	SELEX

Fuente: Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II. Instalaciones y Servicios. [12]

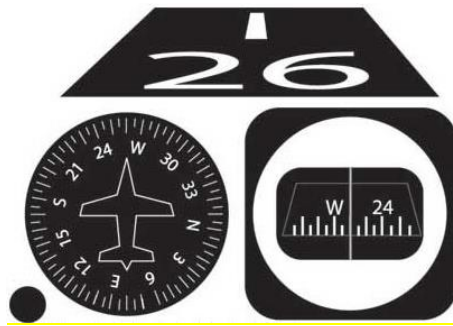
✈ EQUIPOS DE NAVEGACIÓN DE ABORDO DE LA AERONAVE

Una Aeronave debe contar en su cabina tradicional, con los siguientes instrumentos esenciales para poder navegar el espacio aéreo de cualquier territorio y seguir una ruta deseada y programada por parte del piloto.

BRÚJULA: o compás, permite al piloto conocer el rumbo de la aeronave. En muchas ocasiones, la brújula se complementa con un giróscopo, cuyo movimiento es más estable y preciso. [46]

HI (Indicador de rumbos): (Ver **FIGURA 9**) El indicador de rumbo, o giroscopio direccional, proporciona al piloto la dirección del avión en grados magnéticos. Antiguamente también se usaba la brújula, pero debido a que ésta se ve afectada por las variaciones magnéticas y si el viento es turbulento se vuelve aún menos precisa, por lo que ha quedado como un elemento obligatorio, pero de uso en caso de fallo de otros instrumentos o como complemento a otros. El indicador de rumbo es muy preciso (aunque se ve afectado por la precesión ¹) y da al piloto una indicación mucho más fácil de interpretar, aunque como todos los aviones disponen también de la brújula, con ella se toma referencia para ajustar el giro direccional. [47]

¹ La precesión o movimiento de precesión nutación es el movimiento asociado con el cambio de dirección en el espacio, que experimenta el eje instantáneo de rotación de un cuerpo. Un ejemplo de precesión lo tenemos en el movimiento que realiza trompo en rotación. Cuando su eje de rotación no es vertical, el trompo posee un movimiento de «cabeceo» similar al de precesión. Más exactamente una precesión pura es aquel movimiento del eje de rotación que mantiene su segundo ángulo de Euler (nutación) constante. Este movimiento de nutación también se da en el eje de la Tierra.



HI (Indicador de rumbo) Brújula

Figura 9. Brújula e Indicador de rumbo

Fuente: Una guía para principiantes de aviación[48]

AUTOMATIC DIRECTION FINDER (ADF): (ver FIGURA 10) Equipo receptor de señales emitidas por los NDB, se basa en captar la máxima intensidad de una señal de baja frecuencia y de gran alcance de una emisora NDB en tierra, su aguja indicará la dirección a dicha estación. [46]



Figura 10. Funcionamiento de un ADF

Fuente: EL NDB (Non Directional Beacon) [49]

COURSE DEVIATION INDICATOR (CDI): (Ver FIGURA 11) Este dispositivo, basado en señales de muy alta frecuencia (VHF), y por tanto de alcance menor, se apoya para su funcionamiento en las antenas VOR. Aporta sobre los anteriores la particularidad de que permite saber al piloto si se encuentra a la derecha, a la izquierda o centrado sobre el radial (rumbo hacia o desde la estación emisora VOR). [46]

Este instrumento permite convertir señales de RF emitidas desde tierra en una estación VOR, en eléctricas, que serán interpretadas y mostradas como azimut en la carátula del

CDI, manteniendo informado al piloto sobre la dirección de la aeronave sobre un radial específico de esa estación, si va hacia ella o si está en alejamiento de la misma o si se encuentra desplazado del rumbo deseado.

La información se complementa con la entregada por el instrumento de DME, para saber la distancia a la que se encuentra de la estación terrena.



Figura 11. Ejemplo de CDI

Fuente: CDI – COURSE DEVIATION INDICATOR [50]

RADIO MAGNETIC INDICATOR (RMI): (Ver FIGURA 12) Permite la visualización de información recibida de estaciones de tierra tipo VOR y ADF.

Es una combinación de un giróscopo direccional combinado con dos agujas, una de ellas de un ADF y la otra de un VOR, la rosa rotativa del RMI, normalmente está esclavizada al giro direccional del avión, por lo que el rumbo del avión puede ser leído directamente en el índice superior del instrumento. De este modo, las agujas muestran el rumbo magnético a la estación en tierra continuamente. [51]



Figura 12. El RMI y sus componentes

Fuente: Componentes de un RMI típico [52]

Los componentes de un RMI típico son:

1. Índice Superior,
2. Giro Compás,
3. Flecha indicadora del ADF,
4. Flecha indicadora de VOR,
5. Banderola de advertencia del giro compás.

HORIZONTAL SITUATION INDICATOR (HSI): Visualiza datos de VOR e ILS.

(Ver **Figura 13**) El HSI es un indicador de dirección que utiliza la salida de una válvula de flujo para dirigir el compás. El HSI combina el compás magnético con señales de navegación y senda de planeo. El HSI da al piloto una indicación de la ubicación de la aeronave con relación al rumbo o radial elegido. [51]

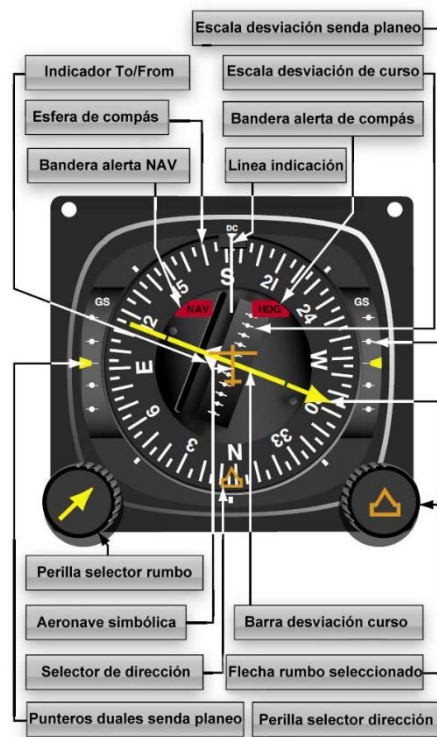


Figura 13. Indicador de Situación Horizontal (HSI)

Fuente: La Voz de la Aviación [53]

DISTANCE MEASURING EQUIPMENT (DME): La información es presentada por el receptor de DME o en otros casos por HSI asociada a VOR o a ILS.

(Ver **FIGURA 14**) Este instrumento proporciona información de distancia entre la aeronave y una estación DME en tierra, esta operación se logra mediante el cálculo matemático del tiempo que le toma a una señal de RF ir desde la aeronave hasta la estación DME y regresar a la velocidad de la luz, de esta manera se conoce la distancia que complementa a la información de posición proporcionada por la estación VOR o ILS en tierra. [54]



Figura 14. Ilustración de un DME

Fuente: *Distance Measuring Equipment* [55]

El equipo de abordo está comprendido por los siguientes componentes:

Sistemas de antenas: su función es la de recibir las líneas de flujo electromagnético emitidas por la estación de tierra y transferirlas al receptor.

Receptor: su oficio es el de interpretar con indicadores la diferencia de fase entre dos señales (referencia y variable), las cuales emite el equipo de tierra.

Servoamplificador: Este componente trata o realiza una transformación de los impulsos electromagnéticos para luego transmitirlos al indicador.

Indicador: Su función única es la de mostrar y/o dar a conocer al piloto la situación de éste respecto a la estación de tierra, de tal forma que el piloto sepa que hacer para mantener la ruta determinada para la aeronave. [56]

A continuación, se presenta un esquema que ilustra cómo interactúan entre si los componentes del equipo de abord, ver **FIGURA 15**.

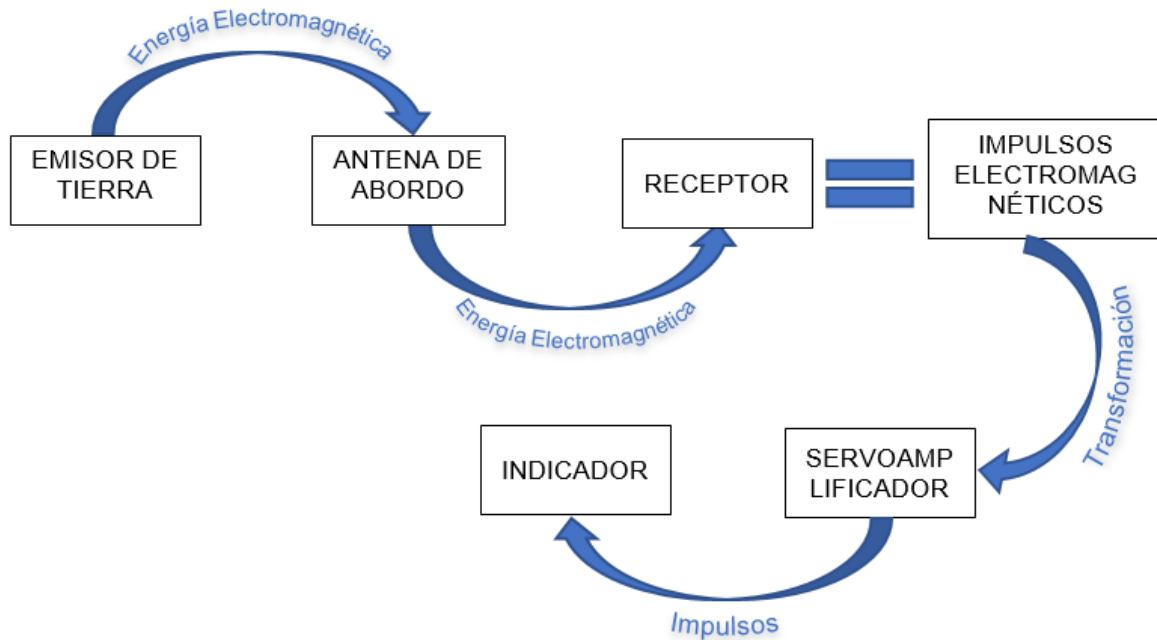


Figura 15. Componentes de equipo del equipo de abord

Fuente: Adaptado de *Sistemas de Navegación Aérea Cap-3. Equipo de abord*. [56]

➤ EQUIPOS EN TIERRA

Los sistemas de radioayudas a la Navegación Aérea son los siguientes:

- **Sistema VOR** [19] significa Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia. Opera en la banda de 108 a 118 MHz, y mediante radiofrecuencia le indica a la aeronave en que radial se encuentra con respecto a la estación y el norte magnético dando una aerovía y/o una ruta, ver **FIGURA 16**.

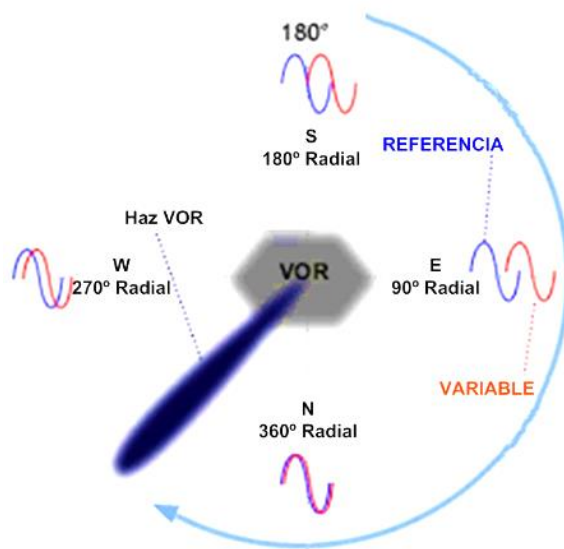


Figura 16. Principio de funcionamiento VOR [57]

Fuente: Aviónica y sistemas de navegación

- **Sistema DME**, equipo telemétrico, que en castellano significa Equipo Medidor de Distancia en la banda de 932 a 1213 MHz, el cual el sistema da respuestas a las interrogaciones presentadas por la aeronave mediante pulsos con una separación en tiempo correspondiente a la interrogación [20], cuando la aeronave recibe la respuesta del DME esta calcula el tiempo de ida y regreso de la señal, ver FIGURA 17.

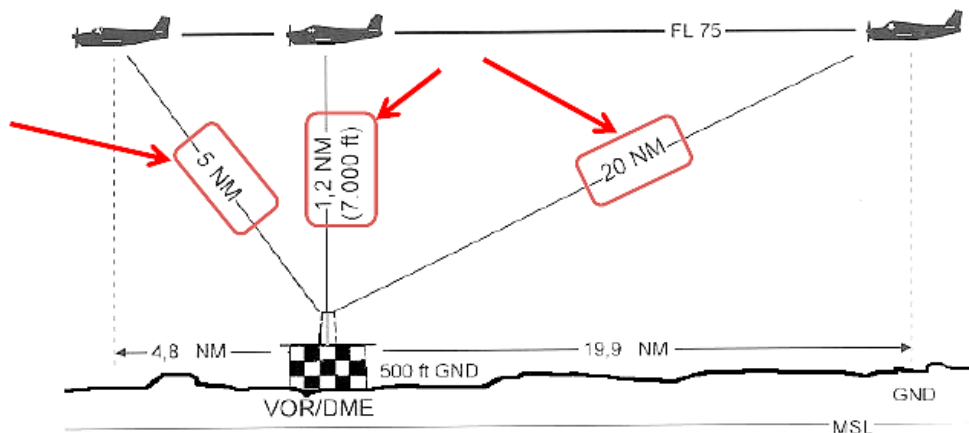


Figura 17. Principio de funcionamiento DME

Fuente: Training Document 01855 v1.5 (Part 1) SKYNAV DME Principles and Fundamentals Training [58]

- **Sistema ILS**, que en castellano significa Sistema de Aterrizaje por Instrumentos, este sistema le genera una guía a la aeronave de aproximación de aterrizaje a la

pista indicando el eje central de la pista y el ángulo de descenso al punto del contacto, ver **FIGURA 18**, conformado por tres sistemas Principales Localizador (LLZ), Senda de Planeo (GP) y DME [35].

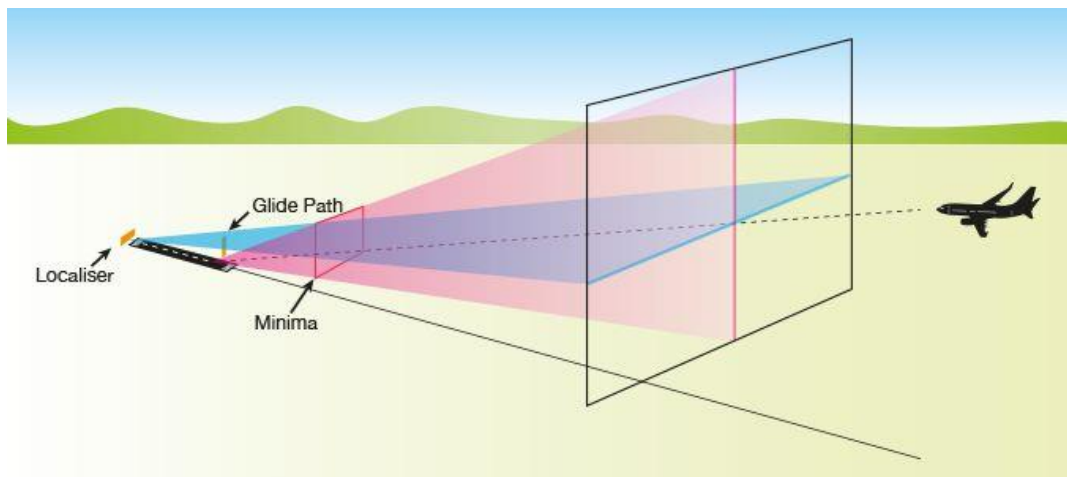


Figura 18. Principio de funcionamiento ILS

Fuente: Página web CIM Grupo de Información [59]

El ILS se compone de tres sistemas así:

➤ Sistema Localizador (*Localizer*):

Sistema que irradia dos señales (90Hz y 150Hz) al espacio en la horizontal a través de un arreglo de antenas al final de la pista, donde le indica a la aeronave el eje de la pista o centro de pista [35], ver **FIGURA 19**:

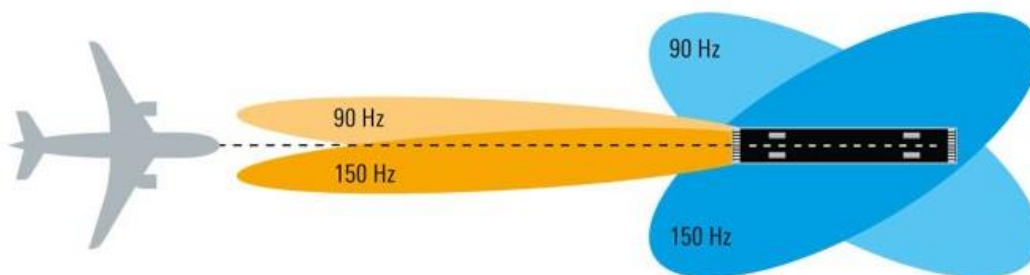


Figura 19. Principio de funcionamiento del sistema Localizador (Localizer)

Fuente: NORMARC 7013B-7014B ILS Instruction Manual [60]

➤ Sistema Senda de Planeo (Glide Slope):

Sistema que irradia dos señales (90Hz y 150Hz) al espacio en la vertical a través de un arreglo de antenas al punto de contacto de la pista, donde le indica a la aeronave el ángulo de descenso en la cual debe aproximar [35], ver FIGURA 20:

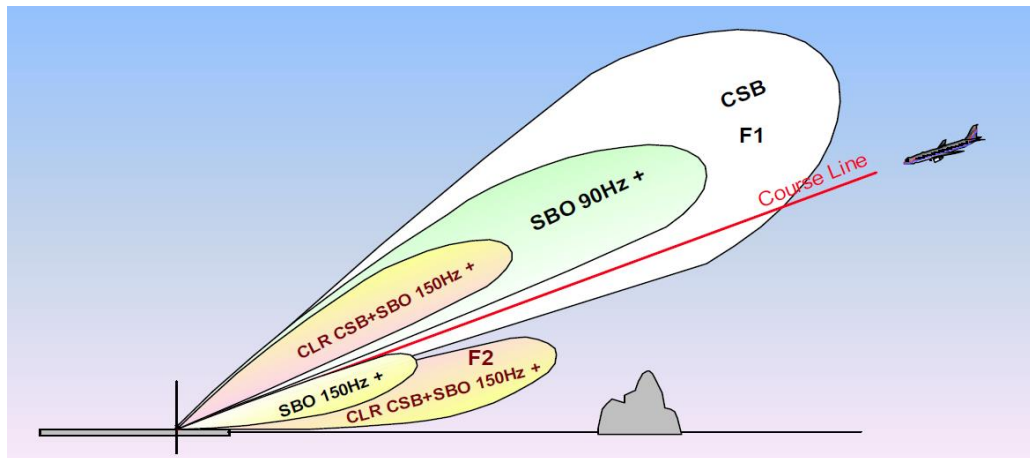


Figura 20. Principio de funcionamiento del sistema Senda de Planeo (Glide Slope)

Fuente: TOSHIBA, DME FIELD ADJUSTMENT MANUAL [35]

Los sistemas ILS están acompañados de un sistema DME de baja potencia basado en el mismo principio del DME asociado a VOR, el cual le indica a la aeronave la distancia al punto de contacto.

3.3.2 Generalidades de la infraestructura para el servicio de navegación aérea en Colombia y su mantenimiento

A continuación, se describen aspectos generales sobre la infraestructura del servicio de navegación aérea dentro de la Entidad, que incluye la ubicación geográfica de cada una de las radioayudas, recurso humano y financiero para la realización de actividades de mantenimiento.

➤ UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA EN COLOMBIA.

En las siguientes representaciones gráficas se pueden observar los lugares o puntos donde se encuentran instalados los sistemas VOR/DME ver FIGURA 21, e ILS en la FIGURA 22.

Mapa de red de sistemas VOR/DME radioayudas en el territorio nacional.

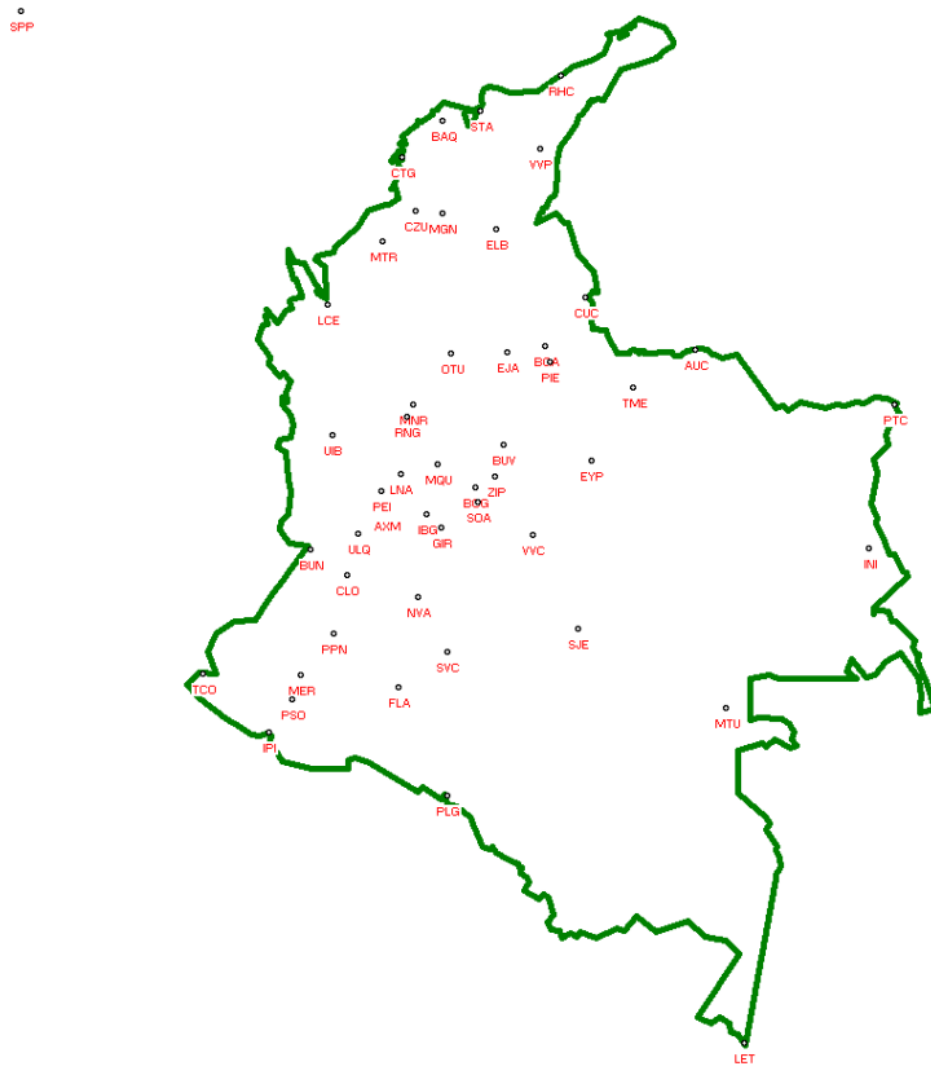


Figura 21.Ubicación geográfica de sistemas VOR/DME

Fuente: Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II. [12]

Mapa de red de sistemas ILS radioayudas en el territorio nacional:

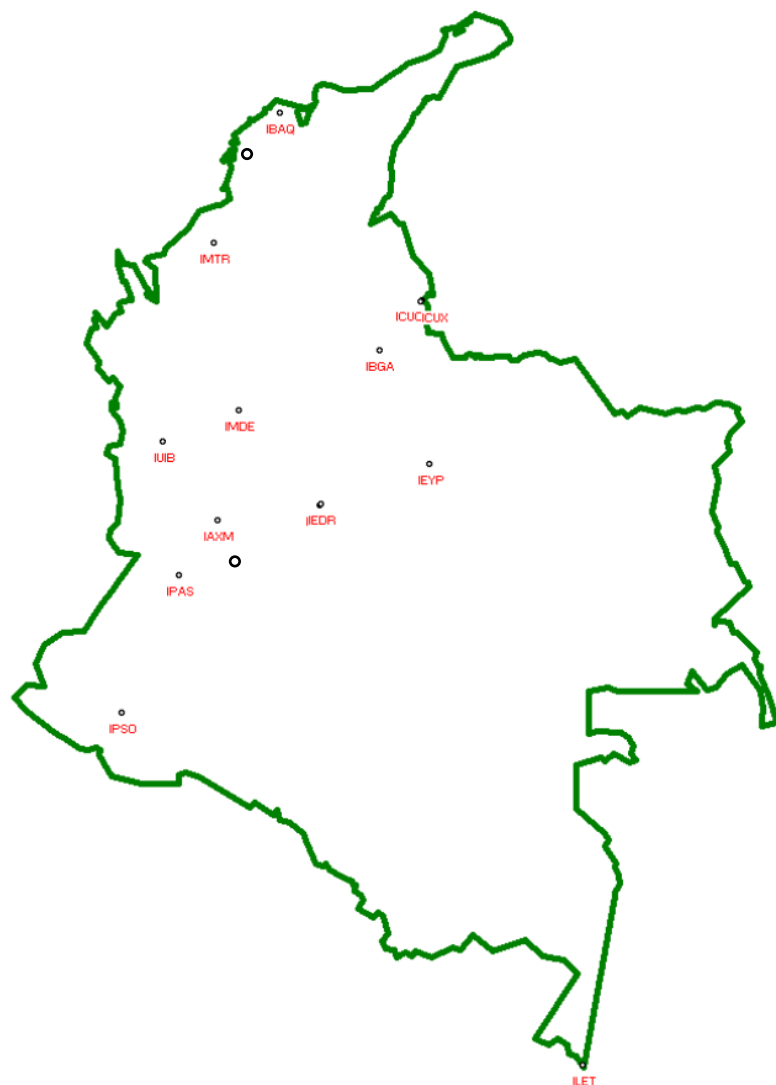


Figura 22.Ubicación geográfica de sistemas ILS

Fuente: Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II. [12]

➤ GENERALIDADES DEL RECURSO HUMANO Y FINANCIERO NECESARIO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN

La Aeronáutica Civil ejecuta los recursos que se establecen dentro de la Ley de Presupuesto de cada vigencia y establece políticas de distribución y manejo financiero de las asignaciones presupuestales a través de reglas de ejecución debidamente establecidas. [61]

Actualmente la Aeronáutica Civil de Colombia cuenta con un personal técnico distribuido en sus diferentes Regionales y en el Nivel Central; este personal técnico se denomina según la OACI como Personal en Electrónica para la Seguridad del Tráfico Aéreo (ATSEP), los cuales son personal encargado de atender los diferentes sistemas implementados para el servicio de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia Aeronáutica.

El personal desde su ingreso al área ATSEP de la Entidad empieza a recibir una capacitación desde lo básico hasta lo especializado de acuerdo con el área que pertenece (CNS).

Según el *Manual sobre instrucción y evaluación basadas en la competencia de los especialistas en sistemas electrónicos para la seguridad del tránsito aéreo-ATSEP* (Doc 10057) [62] de la OACI,

Inicialmente se debe elaborar un programa para los ATSEP en el que se definan perfiles, las actividades y alcance, y las fases de formación que tendrán los mismos.

El documento incluye información dividida en fases como:

- Fase de instrucción inicial, proporciona información sobre normatividad a nivel nacional e internacional, sistemas de información aeronáutica (en el que se encuentra inmerso el tema de navegación).
- Fase de instrucción en la unidad, en temas como funcionalidad de los sistemas/equipos, las consecuencias o cosas que pueden ocurrir a causa de las acciones que realiza el personal ATSEP, y la formación OJT que es la formación en el puesto de trabajo de manera técnica y operacional.
- Instrucción de seguimiento, son varias las instrucciones existentes, según las fases anteriores se realiza una evaluación de repaso, adiestramiento en situaciones de emergencia y de conversión.
- Instrucción de desarrollo, en la que se realizan evaluaciones en actividades de desempeño de una función en particular, validación y pruebas de equipos.

Dentro de este manual, se incluyen ejemplos paso a paso para la elaboración de instrucción y evaluación de los ATSEP. [62]

3.3.3 Estimación de costos para el mantenimiento de radioayudas

Para la realización de los mantenimientos a los sistemas de radioayudas, se deben tener presentes los costos que esto implica.

➤ ESTIMADO DE COSTOS DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN

Se define un estimado de los costos para el mantenimiento de los equipos y sistemas (TABLA 17 y TABLA 18)

Tabla 17. Costos estimados de mantenimiento anual a nivel nacional

Descripción del sistema	Número mantenimientos anuales	Cantidad de sistemas	Costo por estación	Costo por año	Costo por estación	Costo por año	Costo por estación	Costo por año
Sistemas VOR/DME	2	51	\$ 1.050.000	\$ 107.100.000	\$ 1.050.000	\$ 53.550.000	\$ 550.000	\$ 28.050.000
Sistemas ILS/DME	2	16	\$ 1.050.000	\$ 16.800.000	\$ 550.000	\$ 17.600.000	\$ 550.000	\$ 8.800.000
Asistencia por vacaciones a las estaciones asistidas	2	32	\$ 2.100.000	\$ 67.200.000	\$ 700.000	\$ 44.800.000	\$ 700.000	\$ 44.800.000
			TOTAL MTTO PREVENTIVO ANUAL	\$ 191.100.000	TOTAL INSPECCIÓN TIERRA ANUAL	\$115.950.000	TOTAL INSPECCIÓN VUELO ANUAL	\$ 81.650.000
TOTAL								\$ 388.700.000

Fuente: Plan de Choque de mantenimiento 2019 "Sistemas de radioayudas a la navegación aérea" [63]

Tabla 18. Costos estimados de mantenimiento de radioayudas por regionales

Regional	Radioayudas VOR/DME	Radioayudas ILS	Costos estimados (Mtto, certificaciones tierra/vuelo y asistencia estaciones)
Cundinamarca	13	3	\$ 90.400.000
Antioquia	7	3	\$ 56.500.000
Atlántico	9	2	\$ 62.150.000
Valle	10	4	\$ 79.100.000
Norte de Santander	6	3	\$ 50.850.000
Meta	6	1	\$ 39.200.000
TOTALES	51	16	\$ 378.200.000

Fuente: Plan de Choque de mantenimiento 2019 "Sistemas de radioayudas a la navegación aérea". [63]

Nota: No se incluyen costos de infraestructura Shelter-Cerramientos-Rocería-Contrapolos-Estructuras de soportes-Sistemas de Tierra, Adquisición de Repuestos de Equipos radioayudas, Adquisición de UPS, Baterías y Aires Acondicionados.

4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA NORMATIVIDAD Y RECOMENDACIONES EXISTENTES, EMITIDAS POR LAS ENTIDADES COMPETENTES A NIVEL GLOBAL

La importancia de trabajar con una matriz de análisis DOFA reside en que este proceso nos permite buscar y analizar, de forma proactiva y sistemática, todas las variables que intervienen en el análisis de la normatividad y recomendaciones existentes, se realiza con el fin de tener mejor información al momento de tomar decisiones [64]. A continuación, se presenta un análisis comparativo mediante la metodología DOFA, de la normatividad nacional e internacional sobre el mantenimiento de radioayudas a la navegación aérea que permite identificar las normas que pueden ser aplicables en Colombia en materia de estructuración de planes de mantenimiento de estos sistemas.

4.1 ANÁLISIS DOFA DE LA NORMATIVIDAD NACIONAL

Los documentos consultados para la elaboración de la matriz a nivel nacional fueron:

- LAR 210 Reglamento aeronáutico latinoamericano – Telecomunicaciones aeronáuticas 1^{ra} edición enmienda 1 [14].
- RAC 19 Telecomunicaciones aeronáuticas [4].
- Circular normalizada N° 036 Guía para la gestión de mantenimiento sistemas operacionales [8].
- Circular normalizada N° 050 Guía para la gestión Atención y Mtto. De Estaciones Aeronáuticas [9].
- Acuerdo 28 Programa Nacional de Instrucción al personal ATSEP [43].
- Resolución 00716 Inspecciones de los Sistemas de radioayudas Terrestres [10].

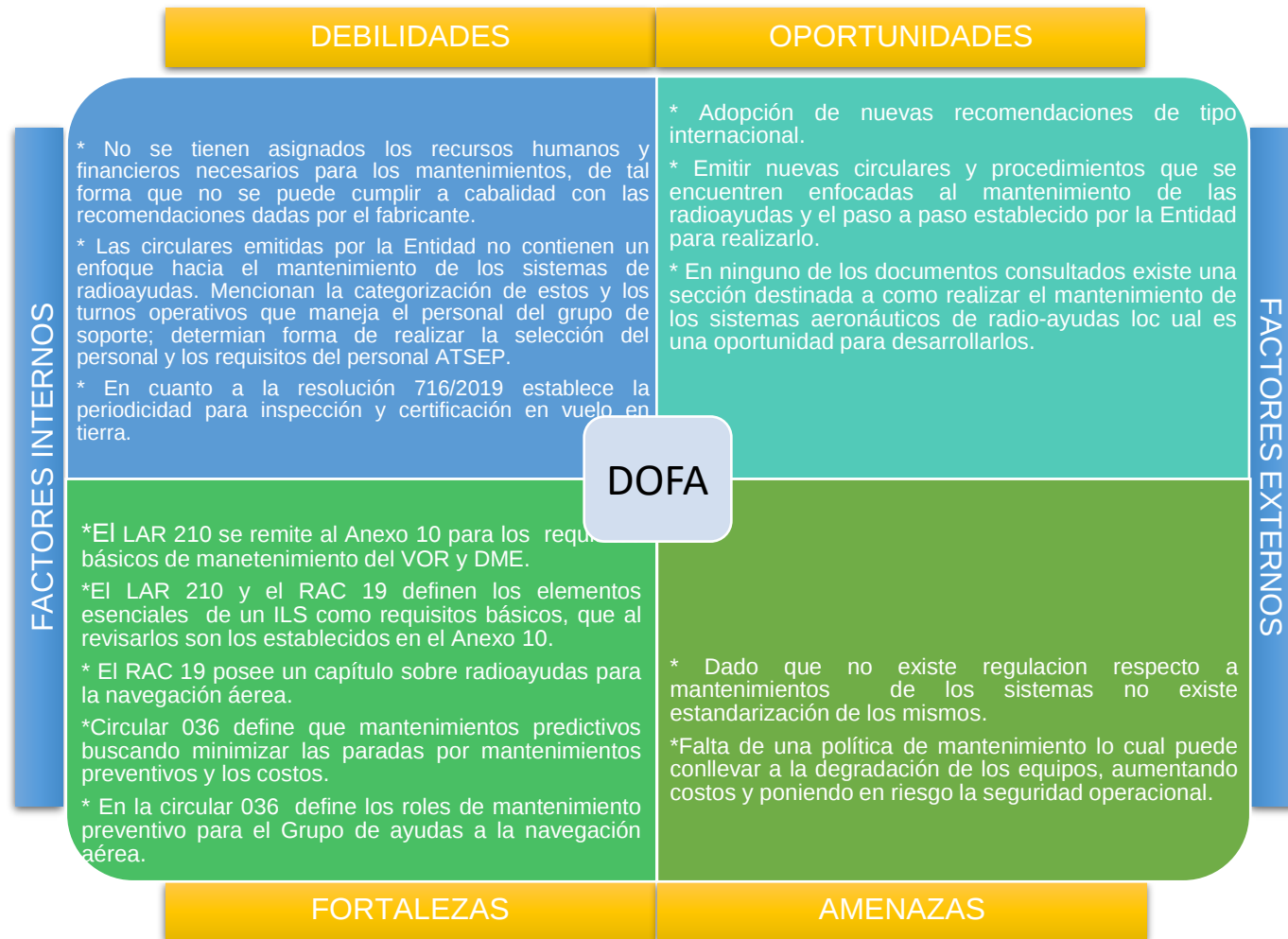


Figura 23. Análisis DOFA de la Regulación Nacional

Fuente: Propia

A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los componentes de la matriz a nivel nacional.

Debilidades: La información proporcionada en estos documentos se queda corta en cuanto al tema de mantenimiento, ya que no normatiza e indica de qué manera se debe realizar en diferentes casos y a nivel general, referente a sistemas aeronáuticos de radioayudas.

Oportunidades: Así como se ha venido realizando hasta la fecha, se pueden ir adoptando en los casos que sean posibles las nuevas recomendaciones que se hagan a nivel internacional, con el fin de mejorar los procesos.

Fortalezas: Se tienen adoptados varios parámetros recomendados por las guías internacionales, remitiendo a la consulta de dichos documentos. En Colombia se tiene la Circular N° 036 [8] que define aspectos sobre el mantenimiento predictivo lo cual resulta beneficioso para la entidad, reduciendo costos y paradas por mantenimientos preventivos.

Amenazas: Dado que no existe regulación respecto a mantenimientos de los sistemas no existe estandarización de los mismos.

4.2 ANÁLISIS DOFA DE LA NORMATIVIDAD INTERNACIONAL

Los documentos consultados para la elaboración de la matriz a nivel internacional fueron:

- Manual de pruebas de sistemas de radionavegación terrestres según documento 8071 Vol 1 5^{ta} edición 2018 [3].
- Anexo 10 Volumen I al convenio sobre aviación civil internacional de la OACI [4]
- Plan regional CAR-SAM para la implementación de los sistemas CNS/ATM documento I [5].

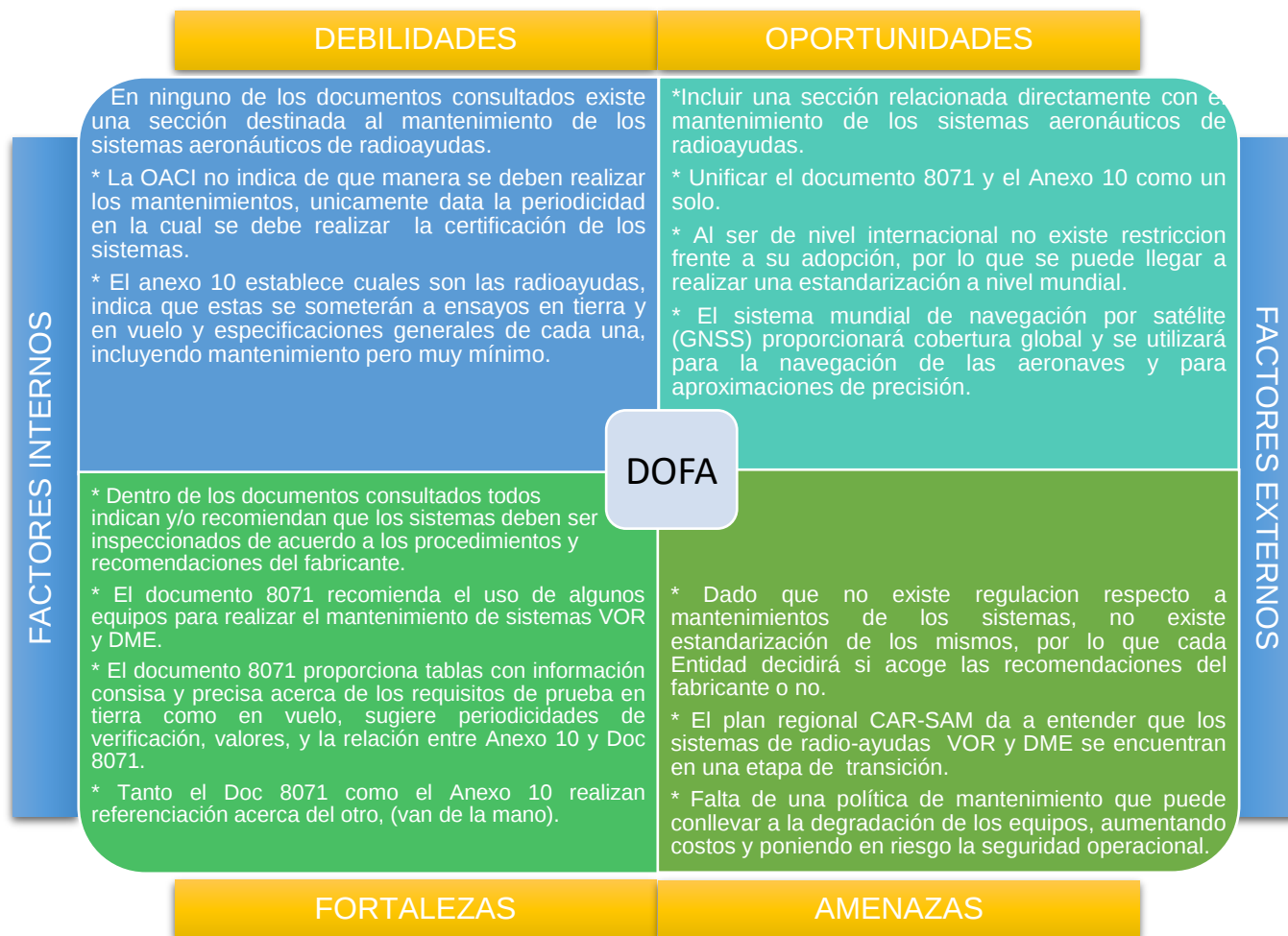


Figura 24. Análisis DOFA de la Regulación Internacional

Fuente: Propia

Al igual que con la matriz a nivel nacional, a continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los componentes de la matriz.

Debilidades: La principal y única debilidad encontrada en los documentos analizados, hace referencia a que no poseen una sección especial que esté dividida por áreas para el mantenimiento, en especial en este caso de los sistemas radioayudas. Es una constante encontrada en estos, que solamente se limitan a indicar que el mantenimiento se debe realizar de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante.

Esta debilidad de los documentos se constituye en una fortaleza para el proyecto, puesto que fundamenta el hecho de que se hace necesario desarrollar una propuesta normativa que establezca los lineamientos para el mantenimiento de los sistemas de radioayudas a la navegación aérea.

Oportunidades: Se identificó que el documento 8071 [5] y el Anexo 10 [2] son documentos complementarios, que se citan mutuamente, por lo que es conveniente unificar el documento 8071 [3] y el Anexo 10 [6]. De esta forma las personas de la industria relacionada únicamente se tendrán que enfocar en la información contenida en un documento y no tendrán que remitirse de un lado a otro.

Se propone destinar algunos apartes de dichos documentos a ítems de obligatorio cumplimiento con el fin de estandarizar los requisitos para su oportuna implementación.

Fortalezas: Es conveniente indicar que los sistemas deben ser inspeccionados acorde con los parámetros dados por el fabricante, de modo tal que no se establece discrepancia sino se acepta lo dicho por el fabricante. Los documentos que fueron consultados resaltan la importancia de usar ciertos equipos para el mantenimiento de los sistemas lo cual es un valor agregado para la industria.

El hecho que estos documentos internacionales estén relacionados es de vital importancia puesto que se complementan, incluso al punto de que en el documento 8071 [3] existen tablas con datos sobre la periodicidad de las verificaciones, describiendo en que ítem de cada guía aparece dicho concepto.

Amenazas: Dado que no existe regulación respecto a mantenimientos de los sistemas, no existe estandarización de estos, por lo que cada Entidad decidirá si acoge las

recomendaciones del fabricante o no. Esto es una seria amenaza a la seguridad operacional, porque las aeronaves se mueven entre diferentes estados, que pueden tener diferentes tipos de mantenimiento. El plan regional CAR-SAM da a entender que los sistemas de radioayudas VOR y DME se encuentran en una etapa de transición.

4.3 ESTRATEGIAS ORIGINADAS DEL ANÁLISIS DOFA

Ya que se han identificado cada uno de los aspectos contenidos en el análisis DOFA, es de suma importancia proceder con la definición de estrategias que ayudarán mejorar los hallazgos identificados dentro del aspecto negativo. Las estrategias consisten en relacionar los aspectos positivos con los negativos y los factores internos con los externos de modo tal que encontramos las siguientes:

- Estrategia FO: Enfocada en hacer uso de las fortalezas para aprovechar las oportunidades halladas.
- Estrategia DO: Su objetivo es superar las debilidades aprovechando las oportunidades que se tienen.
- Estrategia FA: Su enfoque es dar uso a las fortalezas para evitar las amenazas que se han identificado.
- Estrategia DA: centrada en reforzar y transformar las debilidades para evitar las amenazas latentes determinadas.

ESTRATEGIAS DOFA	OPORTUNIDADES (O)	AMENAZAS (A)
FORTALEZAS (F)	• Adoptar las recomendaciones actuales y las futuras, con el fin de tener un sistema estandarizado.	• Ir adoptando las nuevas recomendaciones internacionales para complementar y llenar los vacíos de información que existen en este momento.
	• Proponer la unificación de los documentos 8071 y Anexo 10 con el objetivo de una consulta más rápida para los interesados evitando remitirse de un documento al otro, además de que su enfoque está dado en los parámetros definidos por los fabricantes.	• Aprovechando el enfoque en las instrucciones dadas por el fabricante, definir algunos apartes de los documentos como de obligatorio cumplimiento para una mayor estandarización de los requisitos.
DEBILIDADES (D)	• Con el objetivo de estandarizar se debe eliminar y/o modificar y/o incluir algunos apartados en circulares de la Entidad de tal manera que la información sea más específica y enfocada.	• Estandarizar el mantenimiento de las radioayudas, definiendo los procedimientos y regularizándolos para que se cumplan a cabalidad.
	• Estandarizar el mantenimiento de los sistemas por medio de regulación, evitando discrepancias a nivel internacional y posibles amenazas en la seguridad operacional.	• Regular y estipular cómo se deben hacer los mantenimientos de las radioayudas, yendo más allá de indicar que se adopta lo dicho por el fabricante, dejándolo como de obligatorio cumplimiento.

4.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DOFA

Se plantea realizar aporte y complemento al nuevo documento RAC210 que será un reglamento armonizado de tal manera que la información de la propuesta que se plantea se incluya en una sección del RAC210 de forma tal que se pueda exigir y estandarizar su ejecución y cumplimiento, esta sección contendrá los parámetros estandarizados tanto a nivel nacional como Latinoamérica para el mantenimiento de los sistemas aeronáuticos de radioayudas, acoplando y homogenizando los lineamientos dados por las diferentes entidades como OACI y Aerocivil, siguiendo siempre las recomendaciones dadas por los fabricantes de estos sistemas; incluyendo además a nivel de la Entidad el procedimiento correcto de ejecución de dichos mantenimientos, teniendo en cuenta mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos.

Adicional a esto se propone crear la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía como se detalla en el capítulo 5 de este documento.

5 PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA EN COLOMBIA

Una vez reconocida la temática a regular es necesario presentar el resultado de la investigación ajustándose a propuesta normativa, sin embargo, se recurre a la experiencia a través del tiempo y la realidad actual de la forma en la que se realizan los mantenimientos al interior de la Aeronáutica Civil; no obstante, la composición de la propuesta normativa producto del presente documento, toma en cuenta las características más significativas identificadas en la presente investigación, teniendo en cuenta aspectos que revelen el problema o la necesidad, fundamentos normativos o de seguridad aeronáutica (principalmente las recomendaciones internacionales), la Aeronáutica Civil como ente autoritario, actualidad tecnológica, para finalizar con la propuesta normativa.

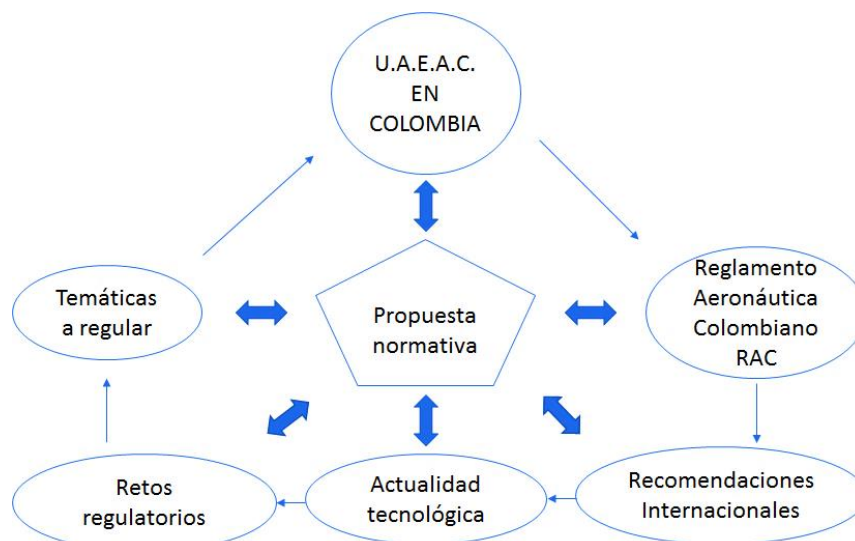


Figura 25.Elaboración Exposición de Motivos

Fuente: Propia

En la **FIGURA 25** se muestran los componentes para llegar a la propuesta normativa, iniciando por la identificación de la estructura Aeronáutica Civil y lo normativo a través del Reglamento Aeronáutico Colombiano RAC, investigando lo recomendado por los entes internacionales OACI y FAA, donde se plasma la actualidad tecnológica con los que identifican los retos regulatorios, con los que finalmente se establecen las temáticas a regular en la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia a través del

RAC 19 y posteriormente el documento RAC 210, presentadas mediante una propuesta normativa.

En este momento se encuentra en elaboración el RAC 210 el cual será el documento que se armonice con el LAR 210 Telecomunicaciones aeronáuticas que además incluirá la información contenida hasta el momento en el RAC 19 Telecomunicaciones Aeronáuticas.

Teniendo en cuenta que la Entidad se encuentra en un proceso de armonización, adopción e implantación efectiva de los LAR, y que dicho proceso contiene un enfoque en mantener un conjunto reglamentario regional actualizado que responda de manera oportuna a las enmiendas de los Anexos al Convenio de Aviación Civil Internacional, se propone que en el Apéndice 1 Manual del CNSP, punto 4 MDCNS del LAR 210 [14] se incluya o mencione la propuesta que se presenta en este capítulo 5, el cual contendrá contenga información acerca del mantenimiento de las radioayudas, parámetros para el mantenimiento dependiendo del sistema (DME, VOR, ILS), procedimientos, periodicidad, equipos de prueba a utilizar, recursos, entre otros.

La finalidad de esta información será la de establecer, normatizar y hacer cumplir acogiendo directrices internacionales, las especificaciones y aspectos a tener en cuenta en los mantenimientos de las radioayudas; se pretende entregar esta propuesta al Grupo de Inspección a los Servicios de Navegación Aérea GISNA quienes están estructurando la normatividad en el futuro documento RAC210 basado en las recomendaciones impartidas por la OACI.

5.1 PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DME

Las siguientes actividades que se proponen son un compendio y complemento de las recomendaciones dadas por los fabricantes de estos sistemas dentro de sus manuales de operación y mantenimiento, de los cuales se puede consultar un abreviado resumen de sus recomendaciones en los Anexos del [C](#) al [R](#).

5.1.1 Periodicidad propuesta para el mantenimiento de sistemas DME

Luego de realizar un análisis comparativo de la periodicidad de mantenimiento recomendada por algunos de los fabricantes de los sistemas y/o equipos de radioayudas DME, se propone que dicha periodicidad sea trimestral, por lo que se realizarán 4 visitas al año (ver TABLA 19):

Tabla 19. Periodicidad propuesta para mantenimiento de sistemas DME

SISTEMA	PERIODICIDAD	N° VISITAS AL AÑO
DME	Trimestral	4

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

Tabla 20. Cronograma de mantenimiento propuesto para sistemas DME

CRONOGRAMA MANTENIMIENTO PERIÓDICO SISTEMAS DME												
Trimestral	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Semestral	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

Fuente: Propia

5.1.2 Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas DME

Para los mantenimientos periódicos trimestrales se proponen las siguientes actividades (ver TABLA 21), las cuales son importantes ejecutarlas con el fin de velar por el funcionamiento adecuado de los sistemas DME; sin embargo, se definen algunas tareas adicionales semestral y anualmente.

Tabla 21. Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas DME

TRIMESTRAL	
Inspección Funcionamiento	
✍	Verificar que NO existan alarmas en el indicador de estados.
✍	Verificar el número de conteo de reprocesos (recycling).
✍	Verificar que la lectura de parámetros sean los correctos
✍	Verificar el estado operativo del aire acondicionado.
✍	Verificar el retardo del sistema y el espacio entre pulsos.
✍	Seleccionar los equipos uno y dos como principales en antena.
✍	Generar registro de todo lo efectuado y del estado de los sistemas (en caso de ser requerido).
Inspección Externa	

Del Sitio
✦ Verificar que el lugar se encuentre esté libre de obstáculos que puedan afectar el funcionamiento normal del DME
✦ Revisar el shelter por dentro y por fuera con el fin de identificar signos de filtración de agua, daños o deterioro.
✦ Chequear el estado del aire acondicionado, iluminación del shelter, enchufes eléctricos, pararrayos, etc.
De la Antena
✦ Verificar estabilidad de la antena
✦ Inspeccionar las conexiones de cable a tierra (que estén seguras y en buen estado)
✦ Revisar los cables y conectores RF (roturas, grietas, corrosión)
✦ Comprobar que los conectores estén sujetos e inspeccionar las demás partes de antena (daños, infestación)
Del Equipo
✦ Revisar los arneses de cables de interconexión, cables coaxiales y conectores (corrosión, grietas, roturas, quemaduras)
✦ Verificar que los conectores RF estén apretados
✦ Comprobar funcionamiento funcional de todas las indicaciones presionando botón LAMP TEST.
De la Batería de Unidad de Respaldo
✦ Colocar los breakers de circuito DC en la posición de OFF.
✦ Si se tiene una caja de batería externa, retire la tapa; sino abra la puerta trasera del gabinete DME.
✦ Inspeccionar el estado de la batería y los conectores y cables (grietas, roturas, quemaduras, corrosión).
✦ Limpiar el área de la batería
✦ Cerrar la tapa de la batería y colocar los breakers de circuito DC en la posición ON.
SEMESTRAL
✦ Realizar los trabajos que se hacen trimestralmente.
Mantenimiento de Ventiladores y Filtros de Aire
✦ Abrir puerta trasera del gabinete DME, inspeccionar filtro de aire del panel lateral derecho
✦ Limpiar filtro de aire, sacudir suciedad y residuos sueltos
✦ Lavar el filtro
✦ Secar el filtro completamente.
ANUAL
✦ Realizar los trabajos que se hacen trimestralmente.
✦ Verificar señales del conector de prueba en los módulos.
✦ Ejecutar transferencia automática.
✦ Verificar el rendimiento del pulso del transmisor
✦ Verificar rendimiento de salida de potencia del transmisor

➤ Verificar rendimiento de la demora de respuesta del transpondedor
➤ Verificar rendimiento de la identificación de frecuencia
➤ Supervisar la verificación del rendimiento de la integridad de la alarma
➤ Verificar el rendimiento de la fuente de alimentación y de la batería
➤ Comprobación de daños
➤ Chequear condiciones de los cables conectados a cada dispositivo.
➤ Generar registro de todo lo efectuado y del estado de los sistemas

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

Se considera importante, además, realizar verificación de la ejecución de las actividades, de tal manera que se identifique si se encontraron hallazgos al momento de realizar cada una de las actividades planteadas en este apartado, teniendo de antemano un soporte de trazabilidad para los mantenimientos en este caso preventivos periódicos. Es por esto que se propone la adopción e implementación del formato se visualiza en el [ANEXO W](#).

5.1.3 Equipo de prueba propuesto para sistemas DME

Para las actividades de mantenimiento de los sistemas DME mencionadas antes, se sugiere poseer y utilizar adecuadamente el siguiente equipo de prueba, de los cuales cada estación debe tener a su disposición una (1) unidad por cada instrumento:

Tabla 22. Equipo de prueba propuesto para sistemas DME

SISTEMA	EQUIPO DE PRUEBA PROPUESTO
DME	Osciloscopio
	Multímetro Digital
	Analizador de espectro
	Contador de Frecuencias
	Analizador de Red
	Cables de Prueba
	Vatímetro
	Atenuador de Alta Potencia

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

5.2 PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS VOR

5.2.1 Periodicidad propuesta para el mantenimiento de sistemas VOR

Al realizar una comparación de la periodicidad de mantenimiento recomendada por algunos de los fabricantes de los sistemas y/o equipos de radioayudas VOR, se propone que dicha periodicidad sea trimestral obteniendo de esta forma 4 visitas anuales, como se evidencia en la TABLA 23:

Tabla 23. Periodicidad propuesta para mantenimiento de sistemas VOR

SISTEMA	PERIODICIDAD	Nº VISITAS AL AÑO
VOR	Trimestral	4

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

Tabla 24. Cronograma de mantenimiento propuesto para sistemas VOR

CRONOGRAMA MANTENIMIENTO PERIÓDICO SISTEMAS VOR												
Trimestral	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Semestral	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

Fuente: Propia

5.2.2 Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas VOR

Para los mantenimientos periódicos se definen las siguientes actividades para ejecución trimestral, semestral y anual, las cuales se deben realizar a fin de velar por el funcionamiento adecuado de los sistemas VOR.

Tabla 25. Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas VOR

TRIMESTRAL
Inspección Funcionamiento
➤ Inspeccionar el entorno del sitio
➤ Limpiar los filtros de aire
➤ Comprobar potencia de salida del portador
➤ Verificar la identificación de la estación
➤ Verificar la antena VSWR
➤ Comprobar transferencia de la batería de respaldo
➤ Comprobar transferencia automática

✦ Reasignar transmisores principales/en espera
Inspección Externa
Del Sitio
✦ Verificar que el lugar se encuentre esté libre de obstáculos que puedan afectar el funcionamiento normal del VOR
✦ Revisar el shelter por dentro y por fuera con el fin de identificar signos de filtración de agua, daños o deterioro.
✦ Chequear el estado del aire acondicionado, iluminación del shelter, enchufes eléctricos, pararrayos, etc.
✦ Verificar y eliminar acumulaciones de escombros en las antenas y del contrapeso.
De la Antena
✦ Asegurar que los dos transmisores VOR estén apagados
✦ Verificar que las antenas VOR estén dentro de los radomos de fibra de vidrio
✦ Inspeccionar las áreas de acoplamiento de los radomos donde estos interactúan con la base del mismo o donde estos interactúan con las antenas, verificar fuga de agua o deterioro. (reparar según sea necesario)
✦ Inspeccionar la antena (deterioro por agua, cables de entrada y conectores con grietas o corrosión)
✦ Revisar contrapeso (deterioro), verificar conexión eléctrica entre los segmentos del contrapeso y las conexiones a tierra
✦ Reemplazar las cubiertas del radomo de la antena
Del Equipo
✦ Revisar los arneses de cables de interconexión, cables coaxiales y conectores (corrosión, grietas, roturas, quemaduras)
✦ Verificar que los conectores RF estén apretados
✦ Inspeccionar los equipos periféricos conectados al VOR (PMDT, impresora, etc.)
✦ Revisar los indicadores del panel frontal y asegurarse de que estos son normales
✦ Chequear, limpiar, lavar, secar los filtros de aire VOR
De la Batería de Unidad de Respaldo
✦ Colocar los breakers automáticos de la caja de baterías en la posición de OFF.
✦ Retirar la tapa de la caja de baterías, inspeccionar el estado de la batería y los conectores y cables (grietas, roturas, quemaduras, corrosión).
✦ Limpiar el área de la batería
✦ Cerrar la tapa de la batería y colocar los breakers en la posición ON.
SEMESTRAL
✦ Inspeccionar la batería de respaldo
✦ Comprobar frecuencia de la portadora
✦ Comprobar frecuencia de funcionamiento

ANUAL
✦ Verificar calibración del vatímetro BITE
✦ Verificar la calibración del contador de frecuencia BITE
✦ Revisar calibración de BITE VSWR
✦ Comprobar batería en CPU CCA
✦ Inspección del sistema de antena y radomo
✦ Inspeccionar la antena del monitor de campo

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

Es conveniente poseer un registro de los mantenimientos ejecutados y las actividades desarrolladas en cada uno de ellos, donde se identifique si se encontraron hallazgos al momento de realizar cada una de las actividades planteadas en este capítulo, de tal manera que se tenga un soporte de trazabilidad para los mantenimientos en este caso preventivos periódicos. El formato propuesto para esta situación se visualiza en el [ANEXO X](#).

5.2.3 Equipo de prueba propuesto para Sistemas VOR

Para las actividades de mantenimiento de los sistemas VOR mencionadas con anterioridad, se sugiere mantener y hacer uso apropiado del siguiente equipo de prueba, de los cuales cada estación debe tener a su disposición una (1) unidad por cada instrumento:

Tabla 26. Equipo de prueba propuesto para sistemas VOR

SISTEMA	EQUIPO DE PRUEBA PROPUESTO
VOR	Multímetro Digital
	Osciloscopio
	Analizador de Red
	Contador de frecuencias
	Vatímetro (medidor de potencia)
	Kit de Calibración
	Voltímetro Vectorial
	Cables de Prueba

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

5.3 PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS ILS

5.3.1 Periodicidad propuesta para el mantenimiento de sistemas ILS

Realizando una comparación de la periodicidad de mantenimiento recomendada por algunos de los fabricantes de los sistemas y/o equipos de radioayudas ILS, se propone que dicha periodicidad sea trimestral como se evidencia en TABLA 27:

Tabla 27. Periodicidad propuesta para mantenimiento de sistemas ILS

SISTEMA	PERIODICIDAD	N° VISITAS AL AÑO
ILS	Trimestral*	4

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

Tabla 28. Cronograma de mantenimiento propuesto para sistemas ILS

CRONOGRAMA MANTENIMIENTO PERIÓDICO SISTEMAS ILS*												
Trimestral	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Semestral	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

Fuente: Propia

* Para cada una de las ciudades principales de cada regional (excepto Villavicencio), la periodicidad para realización de mantenimiento será semanal, lo que significa que se deberán realizar 4 visitas mensuales y 48 al año (El Dorado Bogotá, Rionegro Medellín, Barranquilla, Cali, Cúcuta), esto debido a que estas estaciones cuentan con sistemas ILS.

5.3.2 Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas ILS

Para los mantenimientos periódicos de los sistemas ILS se proponen las siguientes actividades para ejecutarlas trimestral, semestral y anualmente, de tal forma que los equipos funcionen con normalidad y de la manera correcta.

Tabla 29. Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas ILS

TRIMESTRAL
➤ Realizar verificación de terreno
➤ Chequear los puntos de alarma del monitor
➤ Verificar la función de apagado de monitor
➤ Revisar los parámetros del monitor

✦ Comprobar porcentaje de modulación CSB
✦ Potencia de salida y alarma de potencia
SEMESTRAL
✦ Revisar los parámetros TX (Transmisión) y registros de suministro del DC () (según lo establecido para instalación e inspección de vuelo)
✦ Controlar la integridad del monitor (cambios/apagados)
✦ Verificar voltaje de corriente alterna (CA)
✦ Revisar voltaje de corriente continua (CC)
✦ Voltaje de la batería
✦ Descarga de la batería
ANUAL
✦ Medir frecuencias
✦ Comprobar la fase de audio
✦ Verificar tiempos de demora
✦ Inspeccionar reinicio automático/reiniciar
✦ Revisar banda lateral nula
✦ Chequear monitor en espera
✦ Comprobar frecuencia RF y LF
✦ Comprobar formas de onda del transmisor (según indicaciones)
✦ Revisar potencia de salida CSB (Portador y banda lateral) (según lo establecido para instalación)
✦ Verificar los límites de alarma del monitor (según lo establecido para instalación)
✦ Realizar mantenimiento de la batería (de acuerdo con especificaciones de la batería)
✦ Verificar que los conectores eléctricos no estén flojos
✦ Realizar chequeo visual final por dentro y por fuera del equipo
✦ Verificar posición normal de los interruptores

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

Se considera relevante poseer un registro de los mantenimientos ejecutados y las actividades desarrolladas en cada uno de ellos, de tal forma que se conozca la trazabilidad de los mantenimientos preventivos periódicos. El formato que se propuesto para este caso en especial se encuentra en el [ANEXO Y](#).

5.3.3 Equipo de prueba propuesto para Sistemas ILS

Para las actividades de mantenimiento de los sistemas ILS mencionadas anteriormente, se recomienda tener disponible y hacer uso adecuado del siguiente equipo de prueba, de los cuales cada estación debe tener a su disposición una (1) unidad por cada instrumento:

Tabla 30. Equipo de prueba propuesto para sistemas ILS

SISTEMA	EQUIPO DE PRUEBA PROPUESTO
ILS	Vatímetro
	Osciloscopio
	Multímetro
	Contador de Frecuencia
	Analizador de Red
	Voltímetro Vectorial
	PIR con antena portátil y atenuador y/o analizador NAV con antena portátil
	Analizador de Espectro

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

Luego de realizar cada uno de los mantenimientos preventivos recomendados, se sugiere dejar registro de lo ejecutado por medio de un formato, el cual contenga aspectos como información general, fechas de intervención, qué intervención se efectuó y su causa, las herramientas y repuestos que se hayan utilizado para la realización del mantenimiento, los cuales resultan de importancia al momento de revisar la periodicidad y pertinencia de los mantenimientos que se han efectuado a lo largo de un periodo.

Por cada mantenimiento que se realice, se recomienda diligenciar el formato propuesto en el [ANEXO Z](#), el cual es genérico y se puede usar para todos y cada uno de los sistemas y/o equipos con los que cuenta una determinada estación. Estos formatos deben reposar en las instalaciones de cada estación, por lo tanto, deberá existir una carpeta destinada para ellos.

Además, se considera importante desde el punto de vista del autor, poseer un registro general de los mantenimientos o actividades generales que se han realizado a cada uno de los sistemas y/o equipos, para ello se sugiere llevar una minuta ([ANEXO A1](#)) que indicará las actividades generales realizadas, las fechas de ejecución reales, y el estado en el cual se deja el sistema/equipo luego de finalizar determinada actividad (cada sistema/equipo debe contar con este formato).

5.4 EQUIPO DE PRUEBA RECOMENDADO POR ESTACIONES

A continuación se presenta el equipo de prueba recomendado que es necesario tener disponible en cada una de las estaciones con las que cuenta la Aerocivil a nivel nacional, estos se encuentran clasificados por la variedad de sistemas que posee determinada estación, lo que significa, que si una estación posee sistemas DME, VOR e ILS tendrá asignado un equipo de prueba integrado para todos los sistemas, no un equipo de prueba independiente por sistema; como se muestra en la **TABLA 31**:

Tabla 31. Equipo de prueba recomendado para cada estación

ESTACIÓN	SISTEMA	Equipo de prueba
Leticia	DME VOR ILS	➤ Osciloscopio
El Dorado		➤ Multímetro Digital
Quibdó		➤ Contador de Frecuencias
AP Rionegro		➤ Analizador de Red
Montería		➤ Cables de Prueba
Cali		➤ Vatímetro
Armenia		➤ Analizador de Espectro
Pasto		➤ Atenuador de Alta Potencia
Bucaramanga		➤ Kit de Calibración
Cúcuta		➤ Voltímetro Vectorial
El Yopal		➤ PIR con antena portátil y atenuador y/o analizador NAV con antena portátil
Neiva	DME VOR	➤ Osciloscopio
Mariquita		➤ Multímetro Digital
Buvis		➤ Contador de Frecuencias
Florencia		➤ Analizador de Red
Girardot		➤ Cables de Prueba
Ibagué		➤ Vatímetro
Pto Leguizamo		➤ Analizador de Espectro
Zipaquirá		➤ Atenuador de Alta Potencia
Soacha		➤ Kit de Calibración
Ambalema		➤ Voltímetro Vectorial
San Vicente		
Marinilla		
OTU		
Carepa		
Manizales		

El Rosal		
San Andrés		
Cartagena		
Corozal		
Santa Marta		
El Banco		
Magangué		
Polo Nuevo		
Valledupar		
Riohacha		
Pereira		
Buenaventura		
Ipiales		
Mercaderes		
Tuluá		
Tumaco		
Popayán		
Arauca		
Barrancabermeja		
Piedecuesta		
Tame		
Pto Carreño		
Sn. José Guaviare		
Villavicencio		
Pto Inírida		
Mitú		
Ceuta	ILS	• Vatímetro • Osciloscopio • Multímetro • Contador de Frecuencia • Analizador de Red • Voltímetro Vectorial • PIR con antena portátil y atenuador y/o analizador NAV con antena portátil • Analizador de Espectro
AP Barranquilla		
Romeo-Normandía	CL EXIT / NDB / OCL / MARKER/OM /	• Osciloscopio • Multímetro
Pto Asís		
Rionegro / La Ceja		
Rionegro / Guarne		
El Paso		

Guapi		
Chivera		
La Vega Potro		
Saravena		
Barranca de Upía		

Fuente: Manuales de mantenimiento de los fabricantes

5.5 RECURSO HUMANO PROPUESTO POR REGIONAL

Para la aplicación de la propuesta planteada, se recomienda además contar con determinada cantidad de personal por regional, tanto técnico como profesional, quienes serán los encargados de la ejecución y supervisión de las actividades de mantenimiento de los sistemas de radioayudas (DME, VOR, ILS) respectivamente, tal como se presenta en la **TABLA 32**:

Tabla 32. Personal propuesto para realización de mantenimiento a los sistemas de radioayudas

REGIONAL	CANTIDAD DE PERSONAL		ESTACIONES QUE SE ATIENDEN	AEROPUERTOS QUE SE ATIENDEN
	PROFESIONAL	TÉCNICO / TECNÓLOGO		
Antioquía	1	5	• MARINILLA • MONTERIA • OTU • LOS CEDROS (CAREPA) • QUIBDÓ • MANIZALES	• RNG / J.M. CORDOVA • RNG / J.M. CORDOVA / LA CEJA • RNG / J.M. CORDOVA / GUARNE
Atlántico	1	5	• CARTAGENA • COROZAL • SANTA MARTA • EL BANCO • MAGANGUE • POLO NUEVO • SAN ANDRES • VALLEDUPAR – LA PAZ • RIOHACHA	• BQA / ERNESTO CORTISSOZ
Cundinamarca	1	10	• BUVIS • GIRARDOT • IBAGUE • MARIQUITA • NEIVA • P LEGUIZAMO	• ELDORADO PISTA 13 R • ELDORADO PISTA 13 L • FLORENCIA • LETICIA

			• BOGOTÁ (El Rosal) • CEUTA PISTA 13 L • BOGOTÁ (ROMERO-Normandía) • ZIPAQUIRÁ • SOACHA • AMBALEMA • ARARACUARA	• PUERTO ASÍS • SAN VICENTE
Meta	1	4	• MITU • P INIRIDA • S.J. GUAVIARE • VILLAVICENCIO • EL YOPAL • BARRANCA DE UPIA • CARIMAGUA	• P CARREÑO
Norte de Santander	1	5	• ARAUCA • B/MEJA • BUCARAMANGA • PIEDECUESTA • CUCUTA • CHIVERA • LA VEGA POTRO • SARAVERA • TAME	
Valle	1	7	• BUENAVENTURA • CALI PUERTO • CALI • CALI AS • CALI LA PALMA • IPIALES • MERCADERES • PASTO • PEREIRA • TULUA • TUMACO • ARMENIA • EL PASO • GUAPI • POPAYAN	
TOTAL	PROFESIONAL	TÉCNICO / TECNÓLOGO		
	6	36		

Fuente: propia

Actualmente se otorga licencia al personal técnico aeronáutico que es aquel que se desempeña a bordo de las aeronaves o en tierra, estas licencias funcionan como método

de certificación y aptitud. Se propone que el personal técnico de los grupos de soporte de la Aerocivil, también cuenten con el beneficio de obtener licencia, como, por ejemplo:

- Licencia Categoría 1: Sistema DME
- Licencia Categoría 2: Sistema VOR
- Licencia Categoría 3: Sistema ILS
- Licencia Categoría 4: Sistema Integrado (DME, VOR, ILS).

Ya que se cuenta con el Acuerdo 28/2010 [43] Programa Nacional de Instrucción para el personal ATSEP, aquel personal que apruebe satisfactoriamente todos los niveles 1 al 5, cumplirá con el máximo requisito para obtener la licencia, la cual se convertirá en la certificación para la operación y mantenimiento de sistemas de radioayudas.

5.6 COSTOS ASOCIADOS A LA PROPUESTA

Con base en la periodicidad definida anteriormente, es importante determinar los costos que conlleva la realización de dichos mantenimientos, dentro de estos encontramos costos de desplazamiento y viáticos (manutención y alojamiento, transporte); a continuación, se relacionan los costos promedio por regional.

5.6.1 Costos de viáticos de los técnicos

Se realiza consulta de los salarios asignados para los técnicos de los grados 11 al 25 en el Decreto 1026 de 2019 [65], y con base a esta información se identifica en el Decreto 1013 de 2019 [66] los viáticos fijados para dichos grados, para luego proceder a realizar un promedio entre estos, debido a que los encargados de realizar los mantenimientos se encuentran distribuidos en los rangos 11 al 25 los salarios son diferentes por consiguiente los viáticos también, es por esto que se realiza promedio para poder un valor real ponderado, esto se puede evidenciar en la **TABLA 33**.

Tabla 33. Salario y viáticos determinados para personal técnico

TÉCNICO GRADO	SALARIO	VIÁTICOS / DÍA
11	\$ 1.582.585	\$ 141.166

12	\$	1.685.008	\$	141.166
13	\$	1.782.566	\$	141.166
14	\$	1.831.872	\$	141.166
15	\$	1.928.907	\$	171.283
16	\$	2.028.307	\$	171.283
17	\$	2.131.009	\$	171.283
18	\$	2.276.660	\$	171.283
19	\$	2.470.885	\$	171.283
20	\$	2.636.493	\$	199.306
21	\$	2.780.878	\$	199.306
22	\$	2.942.018	\$	199.306
23	\$	3.118.766	\$	199.306
24	\$	3.315.392	\$	228.866
25	\$	3.508.967	\$	228.866
Promedio	\$	2.401.354,20	\$	178.402,33

Fuente: Decreto 1026 de 2019 [65] y Decreto 1013 de 2019 [66]

De acuerdo con el Decreto 1013 del 6 de junio de 2019 [66] "Por el cual se fijan las escalas de viáticos" y con el Decreto 1026 [65] de la misma fecha "Por el cual se establece la escala de asignación básica para los empleos de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil y se dictan otras disposiciones en materia salarial", se realiza un promedio de los viáticos necesarios para la realización de los mantenimientos periódicos de los equipos de radioayudas en cada una de las estaciones a nivel nacional, esto para el periodo de un año. En la **TABLA 34** se pueden evidenciar dichos costos.

Tabla 34. Costos relacionados con viáticos del personal de mantenimiento

COSTOS DE VIÁTICOS PARA PERSONAL DE MANTENIMIENTO				
REGIONAL	ESTACIÓN	CANTIDAD DÍAS	VIÁTICOS	TOTAL
Cundinamarca	Leticia	6	\$178.402	\$4.281.656
	Neiva	4	\$178.402	\$2.854.437
	Mariquita	4	\$178.402	\$2.854.437
	Buvis	3	\$178.402	\$2.140.828
	Florencia	4	\$178.402	\$2.854.437
	Girardot	4	\$178.402	\$2.854.437
	Ibagué	4	\$178.402	\$2.854.437
	Pto Leguizamo	5	\$178.402	\$3.568.047
	El Rosal	N/A		

	ElDorado	N/A		
	Ceuta	N/A		
	Romeo-Normandía	N/A		
	Zipaquirá	N/A		
	Soacha	N/A		
	Pto Asis	5	\$178.402	\$3.568.047
	Ambalema	4	\$178.402	\$2.854.437
	San Vicente	5	\$178.402	\$3.568.047
Antioquia	Quibdó	6	\$178.402	\$4.281.656
	AP Rionegro	N/A		
	Rionegro / La Ceja	N/A		
	Rionegro / Guarne	N/A		
	Marinilla	N/A		
	OTU	3	\$178.402	\$2.140.828
	Carepa	4	\$178.402	\$2.854.437
	Manizales	4	\$178.402	\$2.854.437
	Montería	4	\$178.402	\$2.854.437
Atlántico	San Andrés	4	\$178.402	\$2.854.437
	Cartagena	6	\$178.402	\$4.281.656
	Corozal	4	\$178.402	\$2.854.437
	Santa Marta	4	\$178.402	\$2.854.437
	El Banco	4	\$178.402	\$2.854.437
	Magangué	4	\$178.402	\$2.854.437
	AP Barranquilla	N/A		
	Polo Nuevo	N/A		
	Valledupar	4	\$178.402	\$2.854.437
	Riohacha	5	\$178.402	\$3.568.047
Valle	Pereira	4	\$178.402	\$2.854.437
	Buenaventura	4	\$178.402	\$2.854.437
	Cali	N/A		
	Ipiales	5	\$178.402	\$3.568.047
	Mercaderes	4	\$178.402	\$2.854.437
	Tuluá	4	\$178.402	\$2.854.437
	Tumaco	4	\$178.402	\$2.854.437
	El Paso	3	\$178.402	\$2.140.828
	Guapi	4	\$178.402	\$2.854.437
	Popayán	4	\$178.402	\$2.854.437
	Armenia	4	\$178.402	\$2.854.437
	Pasto	4	\$178.402	\$2.854.437
Norte de Santander	Arauca	4	\$178.402	\$2.854.437
	Bucaramanga	4	\$178.402	\$2.854.437

	Barrancabermeja	4	\$178.402	\$2.854.437
	Piedecuesta	4	\$178.402	\$2.854.437
	Cúcuta	N/A		
	Chivera	N/A		
	La Vega Potro	N/A		
	Saravena	4	\$178.402	\$2.854.437
	Tame	4	\$178.402	\$2.854.437
Meta	Pto Carreño	4	\$178.402	\$2.854.437
	Sn. José Guaviare	4	\$178.402	\$2.854.437
	Villavicencio	N/A		
	El Yopal	5	\$178.402	\$3.568.047
	Barranca de Upía	3	\$178.402	\$2.140.828
	Pto Inírida	4	\$178.402	\$2.854.437
	Mitú	4	\$178.402	\$2.854.437
TOTAL COSTOS VIÁTICOS PERSONAL MTTO AL AÑO				\$139.867.429

Fuente: Propia

5.6.2 Costos del desplazamiento de los técnicos a las estaciones

Tabla 35. Costos relacionados con el desplazamiento de los técnicos

COSTOS DE DESPLAZAMIENTO								
VALOR PROMEDIO DESPLAZAMIENTO								
REGIONAL	ESTACIÓN	TERRESTRE				AEREO	CANTIDAD DE VISITAS ANUALES	TOTAL
		VALOR PROMEDIO CONDUCTOR	GASTOS VEHICULO		CANTIDAD DE DIAS	VALOR PROMEDIO TIQUETE AEREO (IDA Y REGRESO)		
			COMBUSTIBLE	PEAJES				
Cundinamarca	Leticia	N/A				\$638.600	4	\$2.554.400
	Neiva	\$178.402	\$250.000	\$55.170	4	N/A	4	\$4.295.792
	Mariquita	\$178.402	\$250.000	\$22.000	4	N/A	4	\$4.030.432
	Buvis	\$178.402	\$250.000	\$8.200	3	N/A	4	\$3.206.424
	Florencia	N/A				\$328.410	4	\$1.313.640
	Girardot	\$178.402	\$250.000	\$20.600	4	N/A	4	\$4.019.232
	Ibagué	\$178.402	\$250.000	\$41.200	4	N/A	4	\$4.184.032
	Pto Leguizamo	N/A				\$576.700	4	\$2.306.800
	El Rosal	\$89.201	\$50.000		4	N/A	4	\$1.627.216
	ElDorado	N/A	\$20.000		N/A	N/A	48	\$960.000
	Ceuta	N/A	\$30.000		N/A	N/A	4	\$120.000
	Romeo-Normandía	N/A	\$20.000		N/A	N/A	4	\$80.000
	Zipaquirá	\$89.201	\$50.000	\$8.700	1	N/A	4	\$626.404
	Soacha	\$89.201	\$30.000		1	N/A	4	\$476.804
	Pto Asis	N/A				\$402.720	4	\$1.610.880
	Ambalema	\$178.402	\$200.000	\$10.000	4	N/A	4	\$3.734.432

	San Vicente	N/A				\$338.540	4	\$1.354.160
Antioquia	Quibdó	N/A				\$203.500	4	\$814.000
	AP Rionegro	N/A	\$20.000		N/A	N/A	48	\$960.000
	Rionegro / La Ceja	N/A	\$20.000		N/A	N/A	4	\$80.000
	Rionegro / Guarne	N/A	\$20.000		N/A	N/A	4	\$80.000
	Marinilla	\$178.402	\$228.000	\$12.000		N/A	4	\$1.008.000
	OTU	N/A				\$524.260	4	\$2.097.040
	Carepa	\$178.402	\$205.000	\$20.000	4	N/A	4	\$3.834.432
	Manizales	\$178.402	\$215.000	\$39.000	4	N/A	4	\$4.026.432
	Montería	N/A				\$309.410	4	\$1.237.640
Atlántico	San Andrés	N/A				\$500.500	4	\$2.002.000
	Cartagena	\$178.402	\$210.000	\$27.400	6	N/A	4	\$5.340.848
	Corozal	\$178.402	\$217.000	\$45.000	4	N/A	4	\$4.082.432
	Santa Marta	\$178.402	\$200.000	\$22.200	4	N/A	4	\$3.832.032
	El Banco	\$178.402	\$220.000	\$25.000	4	N/A	4	\$3.934.432
	Magangué	\$178.402	\$213.000	\$45.000	4	N/A	4	\$4.066.432
	AP Barranquilla	N/A	\$20.000			N/A	48	\$960.000
	Polo Nuevo	\$89.201	\$50.000	\$10.000		N/A	4	\$280.000
	Valledupar	\$178.402	\$200.000	\$46.700	4	N/A	4	\$4.028.032
	Riohacha	\$178.402	\$208.000	\$41.400	5	N/A	4	\$4.731.240
Valle	Pereira	\$178.402	\$200.000	\$47.300	4	N/A	4	\$4.032.832
	Buenaventura	\$178.402	\$220.000	\$8.000	4	N/A	4	\$3.798.432
	Cali	N/A	\$20.000			N/A	48	\$960.000
	Ipiales	N/A				\$354.040	4	\$1.416.160
	Mercaderes	\$178.402	\$213.000	\$53.000	4	N/A	4	\$4.130.432
	Tuluá	\$178.402	\$225.000	\$40.000	4	N/A	4	\$4.074.432
	Tumaco	N/A				\$391.880	4	\$1.567.520

	El Paso	N/A				\$338.860	4	\$1.355.440
	Guapi	N/A				\$368.700	4	\$1.474.800
	Popayán	\$178.402	\$240.000	\$17.200	4	N/A	4	\$3.952.032
	Armenia	\$178.402	\$240.000	\$45.700	4	N/A	4	\$4.180.032
	Pasto	N/A				\$479.700	4	\$1.918.800
Norte de Santander	Arauca	N/A				\$275.260	4	\$1.101.040
	Bucaramanga	\$178.402	\$200.000	\$8.500		N/A	4	\$868.000
	Barrancabermeja	\$178.402	\$210.000	\$35.000		N/A	4	\$1.120.000
	Piedecuesta	\$178.402	\$200.000	\$18.000	4	\$208.720	4	\$3.798.432
	Cúcuta	N/A	\$20.000			N/A	48	\$960.000
	Chivera	\$89.201	\$50.000			N/A	4	\$200.000
	La Vega Potro	\$89.201	\$50.000			N/A	4	\$200.000
	Saravena	N/A				\$850.000	4	\$3.400.000
	Tame	N/A				\$620.000	4	\$2.480.000
Meta	Pto Carreño	N/A				\$466.600	4	\$1.866.400
	Sn. José Guaviare	\$178.402	\$250.000	\$19.400	4	N/A	4	\$4.009.632
	Villavicencio	N/A	\$20.000			N/A	4	\$80.000
	El Yopal	\$178.402	\$210.000	\$18.700	5	N/A	4	\$4.557.640
	Barranca de Upía	\$178.402	\$240.000	\$22.000	3	N/A	4	\$3.276.824
	Pto Inírida	N/A				\$430.600	4	\$1.722.400
	Mitú	N/A				\$408.300	4	\$1.633.200
TOTAL COSTOS DE DESPLAZAMIENTO AL AÑO								\$148.030.120

Fuente: Propia

Para los costos de desplazamiento, se tiene en cuenta si se realiza por tierra o por aire, para los casos en que el desplazamiento se lleva a cabo por tierra, se debe tener presente la asignación de un conductor con su respectivo vehículo autorizado por la Entidad para llevar al destino establecido al técnico (os) y herramienta; para el valor de este transporte o desplazamiento se toma como base el promedio de viáticos de los técnicos. Cuando el desplazamiento se lleva a cabo por aire se realiza compra de los tiquetes en diferentes aerolíneas, en la **TABLA 35** se coloca un valor promedio según consulta en las diferentes páginas de aerolíneas.

En los casos en los que el desplazamiento es relativamente corto, ya que algunas estaciones se encuentran ubicadas en cercanías a las ciudades principales de las diferentes regionales, el costo de desplazamiento se determina como NO APLICA (N/A).

5.6.3 Costo total promedio para desplazamiento y viáticos del personal de mantenimiento

Ahora bien, realizando suma de los costos de desplazamiento y los costos de viáticos para personal de mantenimiento, se obtienen los costos totales de mantenimiento por estación y por regional, siempre teniendo en cuenta 4 visitas al año lo que significa que los mantenimientos se realizarán trimestralmente; como se detalla a continuación en la **TABLA 36**.

Tabla 36. Costo general para mantenimiento periódico de los sistemas de radioayudas a nivel nacional

REGIONAL	ESTACIÓN	TOTAL POR ESTACIÓN	TOTAL POR REGIONAL
Cundinamarca	Leticia	\$6.836.056	\$70.753.896
	Neiva	\$7.150.229	
	Mariquita	\$6.884.869	
	Buvis	\$5.347.252	
	Florencia	\$4.168.077	
	Girardot	\$6.873.669	
	Ibagué	\$7.038.469	
	Pto Leguizamo	\$5.874.847	
	El Rosal	\$1.627.216	
	ElDorado	\$960.000	
	Ceuta	\$120.000	

	Romeo-Normandía	\$80.000	
	Zipaquirá	\$626.404	
	Soacha	\$476.804	
	Pto Asis	\$5.178.927	
	Ambalema	\$6.588.869	
	San Vicente	\$4.922.207	
Antioquia	Quibdó	\$5.095.656	\$29.123.340
	AP Rionegro	\$960.000	
	Rionegro / La Ceja	\$80.000	
	Rionegro / Guarne	\$80.000	
	Marinilla	\$1.008.000	
	OTU	\$4.237.868	
	Carepa	\$6.688.869	
	Manizales	\$6.880.869	
	Montería	\$4.092.077	
Atlántico	San Andrés	\$4.856.437	\$58.233.775
	Cartagena	\$9.622.504	
	Corozal	\$6.936.869	
	Santa Marta	\$6.686.469	
	El Banco	\$6.788.869	
	Magangué	\$6.920.869	
	AP Barranquilla	\$960.000	
	Polo Nuevo	\$280.000	
	Valledupar	\$6.882.469	
	Riohacha	\$8.299.287	
Valle	Pereira	\$6.887.269	\$64.259.723
	Buenaventura	\$6.652.869	
	Cali	\$960.000	
	Ipiales	\$4.984.207	
	Mercaderes	\$6.984.869	
	Tuluá	\$6.928.869	
	Tumaco	\$4.421.957	
	El Paso	\$3.496.268	
	Guapi	\$4.329.237	
	Popayán	\$6.806.469	
	Armenia	\$7.034.469	
	Pasto	\$4.773.237	

Norte de Santander	Arauca	\$3.955.477	\$31.254.096
	Bucaramanga	\$3.722.437	
	Barrancabermeja	\$3.974.437	
	Piedecuesta	\$6.652.869	
	Cúcuta	\$960.000	
	Chivera	\$200.000	
	La Vega Potro	\$200.000	
	Saravena	\$6.254.437	
	Tame	\$5.334.437	
Meta	Pto Carreño	\$4.720.837	\$34.272.720
	Sn. José Guaviare	\$6.864.069	
	Villavicencio	\$80.000	
	El Yopal	\$8.125.687	
	Barranca de Upía	\$5.417.652	
	Pto Inírida	\$4.576.837	
	Mitú	\$4.487.637	
TOTAL GENERAL GASTOS			\$287.897.549

Fuente: Propia

5.7 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL ORGANIGRAMA DE LA ENTIDAD

Una vez examinada toda la información y teniendo en cuenta aquello que es aplicable para la Aerocivil como resultado del análisis de la matriz DOFA y teniendo adicionalmente como base lo recomendado por la OACI para Colombia, mediante la auditoría realizada entre el 30 de enero al 2 de febrero de 2017, en el Informe de misión [67] indica principalmente:

Numeral 2.7 Consideraciones sobre el organigrama de la Dirección de Telecomunicaciones Aeronáutica de la Secretaria de Sistemas Operacionales de la UAEAC, tales que establece que la ejecución de los mantenimientos no tiene una gerencia central que directamente se encargue de ellos.

Se propone crear la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía, de tal forma que esta sea la máxima autoridad en mantenimiento dentro de la Entidad; donde se planifique, normatice, ejecute y vigile los planes de mantenimiento realizados por los Grupos de Soporte de las diferentes regionales.

Esta nueva dirección deberá tener autonomía en la ejecución de los rubros asignados para el mantenimiento, adquisición de repuestos, herramientas, equipos de prueba y todo lo requerido para los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos. Así mismo, deberá tener autonomía en la asignación de tiquetes aéreos y asignación presupuestal para transporte terrestre a través de los grupos de transporte de las diferentes regionales.

La Dirección de Mantenimiento será la responsable de llevar las estadísticas reales de mantenimiento, fallas, porcentaje de la afectación en el servicio y el porcentaje de equipos CNS/MET y Energía fuera de servicio.

Teniendo en cuenta que la Dirección de Telecomunicaciones es la encargada de estudiar, planificar, ejecutar y supervisar los proyectos de adquisición de los sistemas CNS/MET y Energía; esta actual Dirección deberá entregar cada uno de los sistemas adquiridos a la Dirección de Mantenimiento mediante actas y pruebas de correcto funcionamiento; una vez el sistema sea recibido por la Dirección de Mantenimiento, será responsabilidad de dicha dirección velar por el correcto funcionamiento del sistema y los reportes de operabilidad del mismo.

En caso tal que se haga necesaria una reparación para alguno de los sistemas y esta se requiera dentro del plazo de garantía, será responsabilidad de la Dirección de Telecomunicaciones solicitar la respectiva garantía; pero si la reparación se requiere cuando ya se ha expirado el tiempo de garantía se encontrará a cargo de la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía.

Es necesario que la Dirección de Mantenimiento tenga las facultades junto a la Dirección de Talento Humano para el manejo del personal técnico ATSEP en el territorio nacional, como también tener relación y facultades específicas con el Centro de Estudios Aeronáuticos CEA para la capacitación del personal técnico ATSEP.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, referente a la creación de la Dirección de Mantenimiento, es necesario modificar ciertos aspectos, como por ejemplo reasignar los Grupos de Soporte que se crearon para cada regional, a la nueva Dirección de Mantenimiento que se planteó anteriormente la cual estará adscrita a la Secretaría de Sistemas Operacionales, quedando de la siguiente manera (ver **FIGURA 26**).

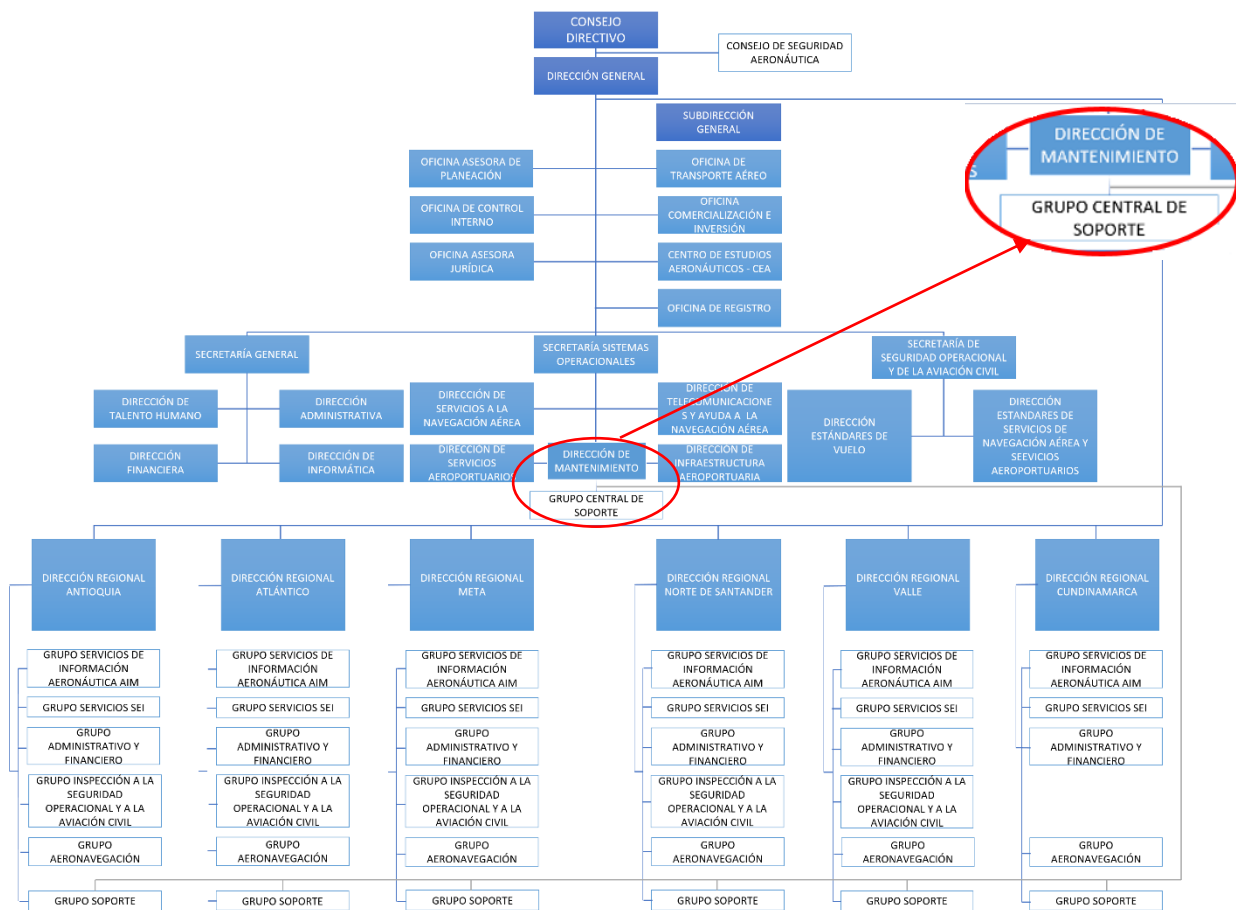


Figura 26. Estructura organizacional propuesta para la Aerocivil

Fuente: Adaptado y modificado de Organigrama Aerocivil.

6 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN A NORMATIVIDAD RELACIONADA

Teniendo en cuenta la propuesta presentada en el capítulo anterior, para que esta sea viable se debe revisar la siguiente normatividad vigente a nivel nacional:

- Decreto 0823 de 2017 [40]
- Resolución 1357 de 2017 [41]
- Resolución 2013 de 2017 [68]
- Resolución 3731 de 2017 [69]
- Circular normalizada 036 de 2016 [8]
- Circular normalizada 050 de 2011 [9]

Respecto a esta normatividad se recomienda realizar los siguientes cambios de cada documento así:

6.1 DECRETO 0823 DE 2017

Para este documento se recomienda realizar ajustes y cambios tales como:

Artículo 3: Incluir dentro de la Estructura de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil), la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía.

Artículo 12: Agregar las siguientes funciones a la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea

- Realizar entrega a la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía, de cada uno de los sistemas adquiridos en su área, mediante acta y con las respectivas pruebas de correcto funcionamiento, con el fin de que dicha Dirección los mantenga en las condiciones adecuadas y
- Supervisar y velar por la correcta y oportuna ejecución de los planes de mantenimiento en su área correspondiente, a cargo de la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía.

Artículo 13: Modificar parcialmente los ítems No. 1, No. 2, No. 3 No. 4 y No. 6 los cuales corresponden a funciones de Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea, así:

1-Proveer, verificar, controlar, evaluar y mejorar a nivel táctico y operativo de manera articulada la provisión de la infraestructura tecnológica en cuanto a sistemas de comunicaciones, navegación, vigilancia aeronáutica, meteorología aeronáutica, energía, automatización de la gestión de tránsito aéreo y de la gestión de información aeronáutica, para la adecuada prestación de los servicios a la navegación aérea de acuerdo con la necesidad operacional de corto, mediano y largo plazo.

2-Gestionar los recursos necesarios para la provisión de la infraestructura tecnológica aeronáutica a su cargo, de forma integral, oportuna, eficiente, eficaz y ambientalmente sostenible, en cumplimiento de las políticas y planes sectoriales nacionales e internacionales, en coordinación con la secretaría de sistemas operacionales y la oficina asesora de planeación.

3-Implementar programas y proyectos derivados de la planeación para atender las necesidades en la provisión de la infraestructura aeronáutica, para proveer disponibilidad, continuidad, integridad, precisión y demás requerimientos de desempeño de los equipos y sistemas de la misma.

4-Cumplir con las políticas de gestión de seguridad operacional, para mitigar riesgos en la adecuada prestación de los servicios a su cargo.

6-Mantener la infraestructura tecnológica de comunicación, navegación y vigilancia aeronáutica, en el espacio aéreo a su cargo, en cumplimiento de los reglamentos aeronáuticos de Colombia.

Y agregar las funciones siguientes a la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea:

- Realizar entrega a la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía, de cada uno de los sistemas adquiridos en su área, mediante acta y con

las respectivas pruebas de correcto funcionamiento, con el fin de que dicha Dirección los mantenga en las condiciones adecuadas”.

- Supervisar y velar la correcta y oportuna ejecución de los planes de mantenimiento en su área correspondiente, a cargo de la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía.

Adicionar un artículo que indique las siguientes funciones que deberá cumplir la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía:

1- Proveer, verificar, controlar, evaluar y mejorar a nivel táctico y operativo de manera articulada el mantenimiento de la infraestructura tecnológica, aeroportuaria en cuanto a sistemas de comunicaciones, navegación, vigilancia aeronáutica, meteorología aeronáutica, energía, automatización de la gestión de tránsito aéreo y de la gestión de información aeronáutica, para la adecuada prestación de los servicios a la navegación aérea de acuerdo con la necesidad operacional de corto, mediano y largo plazo.

2- Gestionar los recursos necesarios para el mantenimiento adecuado de la infraestructura tecnológica aeronáutica, aeroportuaria a su cargo, de forma integral, oportuna, eficiente, eficaz y ambientalmente sostenible, en cumplimiento de las políticas y planes sectoriales nacionales e internacionales, en coordinación con la secretaría de sistemas operacionales y la oficina asesora de planeación.

3- Implementar programas y proyectos derivados de la planeación para atender las necesidades en la provisión y mantenimiento de la infraestructura aeronáutica, aeroportuaria, para proveer disponibilidad, continuidad, integridad, precisión y demás requerimientos de desempeño de los equipos y sistemas de la misma.

4- Cumplir con las políticas de gestión de seguridad operacional, para mitigar riesgos en la adecuada prestación de los servicios a su cargo.

5- Mantener la infraestructura tecnológica de comunicación, navegación y vigilancia aeronáutica, en el espacio aéreo a su cargo, en cumplimiento de los reglamentos aeronáuticos de Colombia.

6- Poseer las estadísticas reales de mantenimiento, fallas, porcentaje de la afectación en el servicio y el porcentaje de equipos CNS/MET y Energía fuera de servicio.

7-Proponer modificaciones y enmiendas a los reglamentos aeronáuticos en los temas de su competencia.

8-Ejecutar planes de acción en casos de desastres o siniestros que afecten la prestación de servicios a su cargo.

9-Asesorar y orientar en los asuntos propios de su competencia.

10-Las demás que le sean asignadas de acuerdo con la naturaleza de la dependencia.

6.2 RESOLUCIÓN 1357 DE 2017 / RESOLUCIÓN 2013 DE 2017

Artículo 1: Crear y organizar grupo interno de trabajo del nivel central de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil) así:

Tabla 37. Propuesta de Grupos internos de trabajo a cargo de la Dirección de Mantenimiento

Dependencia	Grupos Internos de Trabajo
Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía	1. Grupo de Soporte Central

Fuente: Propia

Artículo 57: Eliminar el ítem No. 7 de las funciones del Grupo de Coordinación y Seguimiento de Servicios Operacionales.

Artículo 65: Eliminar el ítem No. 4 y modificar parcialmente el ítem No. 5 de las funciones del grupo de Comunicaciones y Redes Aeronáuticas, así:

5-Apoyar y coordinar la asistencia técnica a nivel nacional en el desarrollo de proyectos y de instalación de sistemas en el área de comunicaciones.

Artículo 66: Eliminar el ítem No. 5 y modificar los ítems No. 6 y No. 7 de las funciones del Grupo de Sistemas para la Meteorología Aeronáutica, así:

6-Supervisar la ejecución del plan de mantenimiento de los sistemas de meteorología aeronáutica, por parte de los grupos de soporte técnico.

7-Apoyar y supervisar la asistencia técnica a nivel nacional en las labores de mantenimiento, desarrollo de proyectos y de instalación de sistemas en el área de meteorología aeronáutica.

Artículo 67: Modificar los ítems No 2, No. 3 y No. 4 correspondientes a las funciones del Grupo de Radioayudas a la Navegación Aérea, así:

2-Verificar la correcta ejecución de las inspecciones, calibraciones y comprobaciones de las diferentes ayudas para la navegación aérea y facilidades aeronáuticas, que sean mandatorias para el comisionamiento de nuevos sistemas de ayudas para la navegación aérea y la certificación periódica de los sistemas ya instalados y en operación oficial.

3-Velar por la adquisición de repuestos, herramientas, equipos de prueba y accesorios para el mantenimiento de los sistemas de ayudas para la navegación aérea a nivel nacional, y apoyar a la Dirección de mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía en el establecimiento de los requerimientos.

4-Inspeccionar que se realice el correcto y oportuno mantenimiento a los sistemas de ayudas para la navegación aérea y participar directamente en los diferentes programas de mantenimiento, cuando la situación lo amerite.

Artículo 68: Suprimir los ítems No. 3 y No. 8 y modificar el ítem No. 5 referentes a las funciones del Grupo de Vigilancia y Automatización Aeronáutica, así:

5-Comprobar la ejecución del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo; así como en el desarrollo de proyectos e instalaciones sobre los sistemas de vigilancia y equipos complementarios.

Artículo 69: Retirar el ítem No. 7 y modificar los ítems No. 2, No. 6 y No. 12 de las funciones del Grupo de Energía y Sistemas Electromecánicos, de la siguiente forma:

2-Gestionar en coordinación con los Grupos de Soporte Técnico y/o la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía, las necesidades de conservación y adecuación de las instalaciones, estructuras y áreas físicas donde se ubican los sistemas y equipos de ayudas a la navegación aérea.

6-Supervisar y velar por el cumplimiento del plan de operación y mantenimiento para los sistemas de iluminación de pistas y sistemas electromecánicos.

12-Verificar la ejecución de las inspecciones, calibraciones y comprobaciones de las diferentes ayudas visuales, que sean mandatorias para comisionamiento de nuevos sistemas de ayudas visuales y certificación periódica de los sistemas ya instalados y en operación oficial.

Adicionar el **TÍTULO: DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA CNS/MET Y ENERGÍA**, el cual contenga un artículo con las siguientes funciones para el Grupo Central de Soporte:

1-Hacer uso apropiado de las herramientas tecnológicas para el control de los mantenimientos de los equipos y de la infraestructura aeroportuaria, para garantizar la prestación de los servicios a la navegación aérea y aeroportuarios.

2-Implantar, ejecutar y supervisar el Plan Nacional de Mantenimiento de los Sistemas de comunicación, navegación, vigilancia, meteorología aeronáutica y Energía, y supervisar su ejecución por parte de los grupos de soporte técnico y las áreas técnicas de los aeródromos.

3-Determinar las necesidades de recurso humano para el mantenimiento y desarrollo de los proyectos de CNS/MET y Energía a nivel nacional.

4-Realizar el correcto mantenimiento a los sistemas de ayudas para la navegación aérea, CNS/MET y Energía, coordinando y asegurando la asistencia técnica a nivel nacional en la ejecución de las labores de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, desarrollo de proyectos y de instalación de sistemas en el área de meteorología aeronáutica, vigilancia y equipos complementarios.

5-Ejecutar las inspecciones, calibraciones y comprobaciones de las diferentes ayudas para la navegación aérea y facilidades aeronáuticas, que sean mandatorias para el comisionamiento de nuevos sistemas de ayudas para la navegación aérea y la certificación periódica de los sistemas ya instalados y en operación oficial.

6-Establecer los requerimientos y posterior adquisición de repuestos, herramientas, equipos de prueba y accesorios para el mantenimiento de los sistemas de ayudas para la

navegación aérea, sistemas de vigilancia aeronáutica, sistemas de iluminación de pistas y sistemas electromecánicos a nivel nacional.

7-Establecer y gestionar las necesidades de conservación y adecuación de las instalaciones, estructuras y áreas físicas donde se ubican los sistemas y equipos de ayudas a la navegación aérea.

6.3 RESOLUCIÓN 3731 DE 2017

Artículo 1: Adicionar un párrafo así:

Los Grupos de Soporte de cada Regional, estarán a cargo del Director de Mantenimiento De Infraestructura CNS/MET y Energía de la Secretaria de Sistemas Operacionales. Los Grupos de Soporte serán supervisados por las Direcciones de la regional correspondiente, con el fin de validar el cumplimiento de sus funciones.

Artículo 3: Modificar parcialmente los ítems No.2, No. 3, No. 5, No. 9, No. 10 y No. 13 de las funciones del grupo de soporte, así:

2-Planear y ejecutar el mantenimiento preventivo de la infraestructura de aeronavegación de la región, coordinar y supervisar los mantenimientos a realizar por las áreas técnicas de aeronavegación en los aeropuertos distintos a su sede, de acuerdo con las directrices impartidas por la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía.

3-Realizar el mantenimiento correctivo y coordinar el apoyo técnico con la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía y ayudas a la navegación aérea, cuando se requiera.

5-Participar en los procesos de renovación e instalación de equipos cuando se requiera, en coordinación con la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía.

9-Ejecutar el mantenimiento de la infraestructura aeroportuaria, meteorológica e informática de los aeropuertos y estaciones a cargo.

10-Hacer el uso apropiado de las herramientas tecnológicas para el control de los mantenimientos de los equipos y de la infraestructura aeroportuaria, que garantizan la prestación de los servicios a la navegación aérea y aeroportuarios.

13-Las demás que le sean asignadas por el Director de Mantenimiento De Infraestructura CNS/MET y Energía y que correspondan a la naturaleza del grupo.

Y adicionar la siguiente función al grupo de soporte:

- ✈ Dar reportes trimestrales a la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía, sobre las acciones ejecutadas a lo largo del periodo.

6.4 CIRCULAR NORMALIZADA No. 050

2. APLICABILIDAD. Modificar parcialmente la aplicabilidad de la circular, quedando así:

Esta circular (CI) es de obligatorio cumplimiento por la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea, y por la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía, como áreas de nivel central responsables de la atención y mantenimiento de estaciones con sistemas operacionales nacionales respectivamente; a las Direcciones Regionales Aeronáuticas responsables del mantenimiento de los sistemas ubicados en su jurisdicción y de prestar apoyo a aquellos que la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea y la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía determinen.

4. ANTECEDENTES. Modificar parcialmente uno de los párrafos de los antecedentes de la circular, quedando de la siguiente manera:

Por ello, la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía en cumplimiento de administrar las actividades relacionadas con el mantenimiento de los equipos de telecomunicaciones, ayudas a la navegación aérea y meteorología aeronáutica le es encomendado realizar la gestión del mantenimiento del SINEA.

7. MATERIA. Modificar parcialmente este numeral, quedando así:

RECURSO HUMANO DEL MANTENIMIENTO

La Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y MET asignará el personal técnico de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil entre las Direcciones Regionales y los grupos nacionales, en coordinación con la Secretaria de Sistemas

Operacionales, de conformidad a las prioridades, competencias y las condiciones operacionales, producto del análisis de cargas laborales y puestos de trabajo. Las Direcciones Regionales por medio de sus Jefes de Soporte Técnico podrán asignar los funcionarios entre su jurisdicción con el visto bueno de la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía; el trámite será realizado por la Dirección de Talento Humano.

La disposición y distribución de personal auxiliar encargado de la Atención y Mantenimiento de las estaciones Aeronáuticas estará determinado en cada caso y para cada Regional, Aeropuerto o Estación Aeronáutica por los resultados del análisis de cargas y determinación de posiciones de trabajo y fundamentado en la cantidad de equipos/sistemas instalados o en servicio, la complejidad del aeropuerto, el nivel de operaciones , las actividades y tareas de Mantenimiento aplicadas, en Estaciones Aeronáuticas, Consideraciones que debe tener la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía para la gestión propia del mantenimiento.

6.5 CIRCULAR NORMALIZADA No. 036

2. APLICABILIDAD. Modificar parcialmente la aplicabilidad de la circular, quedando así:

Esta Circular (CI) es de obligatorio cumplimiento por la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía, como área de nivel central responsable del mantenimiento de los sistemas operacionales nacionales; a las Direcciones Regionales Aeronáuticas responsables del mantenimiento de los sistemas ubicados en su jurisdicción y de prestar apoyo a aquellos que Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía determinen.

4. ANTECEDENTES. Modificar parcialmente los antecedentes de la circular, quedando así:

La gestión del mantenimiento de los sistemas operacionales se deriva de la clasificación como servicio de apoyo de las telecomunicaciones y Ayudas a la navegación que determina el RAC mencionado, por ello el Decreto xxxx de xxxx en su artículo xx ordena a la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía el suministrar, administrar, desarrollar y controlar el mantenimiento de la infraestructura tecnológica en

telecomunicaciones, ayudas a la aeronavegación y meteorología aeronáutica en el territorio nacional e internacional que se encuentre delegado, siendo el instrumento para ejecutar la función establecida en la Secretaría de Sistemas Operacionales.

El supervisor y operador del personal ATSEP asignado a una instalación específica es el responsable de su operación, el soporte técnico y aviso en caso de fallas para coordinar los planes de contingencia y apoyo con la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía.

Por ello, la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía en cumplimiento de administrar las actividades relacionadas con el mantenimiento de los equipos de telecomunicaciones, ayudas a la navegación aérea y meteorología aeronáutica le es encomendado realizar la gestión del mantenimiento del SINEA.

7. MATERIA. Modificar parcialmente este numeral, quedando así:

RECURSO HUMANO DEL MANTENIMIENTO

La Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía asignará el personal ATSEP de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil entre las Direcciones Regionales y los grupos nacionales, en coordinación con la Secretaría de Sistemas Operacionales, de conformidad a las prioridades, competencias y las condiciones operacionales, producto del análisis de cargas laborales y puestos de trabajo utilizando como referencia el documento OACI Human Resource Planning Guidance Manual, *Chapter 2 - HR Planning For Supporting Operational Parameters*. 6. *Staffing For Technical Support Organization*. Las Direcciones Regionales por medio de sus Jefes de Soporte Técnico podrán asignar los funcionarios ATSEP entre su jurisdicción con el visto bueno de la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía; el trámite será realizado por la Dirección de Talento Humano.

La disposición y distribución de personal ATSEP encargado del Mantenimiento Reactivo estará determinado en cada caso y para cada Regional, Aeropuerto o Estación Aeronáutica por los resultados del análisis de cargas y determinación de posiciones de trabajo y fundamentado en la cantidad de equipos/Sistemas instalados o en servicio, la complejidad del aeropuerto, el nivel de operaciones, las actividades y tareas de Mantenimiento aplicadas, Horario de operación de los Aeropuertos y Estaciones Aeronáuticas, etc.

Consideraciones que debe tener la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía para la gestión propia del mantenimiento.

7.4 COORDINADOR GRUPO DE SOPORTE

En cada grupo de soporte de la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía debe existir un funcionario ATSEP, dedicado a cumplir con la función de "Coordinador Grupo de Soporte", este funcionario designado por el Director de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía será notificado formalmente mediante acta de posición del cargo y su nombre será comunicado a la Entidad y es el responsable del mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas CNS/MET y Energía.

Las funciones del Coordinador Grupo de Soporte son:

- Ejecutar y coordinar el plan de mantenimiento de los sistemas de CNS/MET y Energía.
- Velar por la logística necesaria para la ejecución del mantenimiento preventivo.
- Revisar el stock de repuestos en el almacén y solicitar su reposición.
- Mantener las estadísticas de desempeño de los sistemas CNS/MET y Energía.
- Establecer las prioridades de ejecución del mantenimiento.
- Mantener actualizada la información de los activos pertenecientes a su regional.
- Realizar el control y seguimiento a las actividades planificadas
- Presentar informes y reportes de la ejecución del plan.
- Planificar e informar al Director de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía, las necesidades para la ejecución del mantenimiento para la siguiente vigencia.
- Las demás relacionadas con el objeto de ofrecer un mantenimiento apropiado a los sistemas CNS/MET y Energía.

Este funcionario ATSEP es fundamental en el esquema de mantenimiento asociado al SINEA y por ello las cosas a cada uno de estos le corresponde la vital acción de estas funciones.

El Coordinador Grupo de Soporte tendrá la facultad de asignar un funcionario perteneciente al grupo soporte como líder de cada especialidad (Comunicaciones, Meteorología,

Radioayudas, Energía, Vigilancia Radar), quien prestará apoyo a la Coordinación del Grupo Soporte; este funcionario no se encontrará dentro del organigrama de la Entidad, ni recibirá remuneración adicional por esta función.

7.5 Guía Básica de Planificación del mantenimiento preventivo a los sistemas ATS.

La planificación del mantenimiento preventivo está en cabeza del "Coordinador Grupo de Soporte" o funcionario responsable de la gestión de trabajos sobre un sistema específico, su actividad esta presentada en el siguiente gráfico:

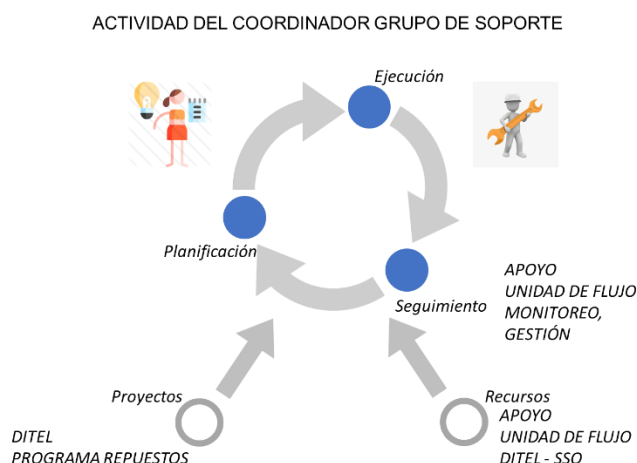


Figura 27. Actividades del Coordinador de Grupo de Soporte

Fuente: Circular normalizada No. 036 [8]

Las actividades de mantenimiento preventivo serán programadas de acuerdo con las recomendaciones del Anexo 10 y Documento 8071 de la OACI, y aquellas impartidas por los fabricantes lo cual debe estar programado en el aplicativo SIGMA con las frecuencias establecidas en el RAC 210.

7.5.2 Funcionarios asociados al mantenimiento preventivo

La Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía en conjunto con la Dirección de Talento Humano dedicarán a los procesos de mantenimiento preventivo todos los recursos ATSEP que no estén asociados al esquema reactivo, esto es, todo funcionario que no esté dedicado a lo reactivo debe estar programado en funciones de mantenimiento preventivo.

7.6.2 Definición de Posiciones Reactivas

Las posiciones Reactivas que soliciten los Jefes de Soporte Técnico requieren de autorización escrita del Director de Mantenimiento en la que se incluya las actividades rutinarias a realizar sobre los equipos, el propositivo de la acción correctiva, su alcance, el registro en SIGMA, el medio de comunicación y el nivel de las órdenes de trabajo a realizar,

7.6.3 Guía de Básica de Posiciones Reactivas asociadas a sistemas ATS.

Como esquema básico utilizado por los grupos de soporte de cada una de las Regionales que atiende una facilidad que Opera 24 horas se debe tener las siguientes posiciones de mantenimiento reactivo.

Tabla 38. Definición de turnos por áreas

	Comunicaciones	Vigilancia	Navegación	Meteorología	Energía
Centro de Control BOG / BAQ / CLO / CUC	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)
Sala Radar	N/A	1 (M, T, N, N1)	N/A	N/A	N/A
Torre de Control Aeropuerto Internacional	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)
Torre de Control Aeropuerto Internacional Eldorado	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)
Sala Técnica CGAC	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)
Aeropuerto Internacional con procedimientos Categoría I, II y III	N/A	N/A	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)	1 (M, T, N, N1)
Aeropuerto Nacional Controlado	1 horario de Operación	N/A	N/A	N/A	
Planta Telefónica Nacional CGAC ¹	1 (M, T, N, N1)	N/A	N/A	N/A	

Fuente: Adaptado y modificado de Circular normalizada No. 036 [8]

¹Lo aeropuertos que no operen en horarios nocturnos NO tendrán aplicabilidad del turno N y N1, únicamente en los casos que sea necesario se aprobarán las horas extra en los horarios extendidos.

²Solo en la Regional Cundinamarca

7.6.4 Programación de turnos reactivos

La programación oficial de turnos reactivos será incorporada en el aplicativo SIGMA y publicada a más tardar dos (2) días antes del inicio de cada mes, suscrita por el Jefe de Soporte Técnico Regional respectivo y solo incluirá los turnos reactivos y mantenimientos preventivos. Esta programación puede ser modificada según las novedades y requerimientos del servicio.

La programación oficial de turnos del grupo de soporte para cada regional contendrá los turnos reactivos de todas sus facilidades, esto es, solo es válida la programación integrada de turnos, una vez expedida por el responsable de la misma, se enviará copia a cada administrador a la Dirección Regional y al Director de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía.

Para el caso de cambio de turnos en posiciones reactivas solo podrán ser autorizadas hasta cuatro (4) cambios de turno por funcionario ATSEP al mes, autorizados por el Coordinador Grupo de soporte mediante la tramitación de una boleta de cambio de turno con la observancia que un funcionario no se exceda de 12 horas en un mismo día.

7.6.5.1 OPERACIONES PARA TURNO REACTIVO DE METEOROLOGÍA

TURNO M, T, N y N1 Centro de Gestión Aeronáutico Colombiano (CGAC)

Se determina que cada uno de los turnos del día para el área de meteorología debe estar conformado por dos (2) técnicos, con el fin de dar soporte oportuno.

7.6.5.2 OPERACIONES PARA TURNO REACTIVO DE RADIOAYUDAS

TURNOS M, T, N, N1 PUESTO DE TRABAJO SALA TÉCNICA Centro de Gestión Aeronáutico Colombiano (CGAC)

Se determina que cada uno de los turnos del día para el área de radioayudas debe estar conformado por dos (2) técnicos, con el fin de dar soporte oportuno.

7.6.5.3 OPERACIONES PARA TURNO REACTIVO DE RADAR

TURNO M, T, N, N1 ACC Centro de Gestión Aeronáutico Colombiano (CGAC)

Se determina que cada uno de los turnos del día para el área de radar debe estar conformado por dos (2) técnicos, con el fin de dar soporte oportuno.

7.6.5.4 OPERACIONES PARA TURNO REACTIVO COMUNICACIONES

TURNO M, T, N, N1 EN ACC TWR CGAC

Se determina que cada uno de los turnos del día para el área de meteorología debe estar conformado por tres (3) técnicos, con el fin de dar soporte oportuno.

Programación de turnos reactivos

El Coordinador del Grupo Soporte de la Dirección de Mantenimiento de Infraestructura CNS/MET y Energía de cada regional, podrá disponer o ceder en ciertas franjas de tiempo la prestación del servicio de un técnico ATSEP dentro de la programación de turnos, cuando por razones de estudio y/o cualquier otra circunstancia que esté debidamente sustentada y verificada se argumente la no pertinencia de que un funcionario particular pueda laborar determinados turnos o secuencias, siempre y cuando sea esta dispensa de manera temporal. La aprobación de este tipo de decisiones no es de carácter obligatorio y estará sujeta a la viabilidad operativa de cada una de las bases. Cuando los argumentos sean de carácter médico se deberá tener concepto de Salud Ocupacional y se aplicará la recomendación por ellos emanada.

7.7 MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO

El Coordinador del Grupo Soporte deberá luego de la habilitación del servicio, verificar por sistema el informe de trabajo de los ejecutores y actualizar el reporte de disponibilidad y hoja de vida del equipo.

7.8 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 o equipos que conforman el CNS/MET y Energía 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.

Quien ejerce el monitoreo tiene la obligación de la retroalimentación o feedback como función organizacional compartiendo observaciones y sugerencias, con el fin de recabar información para mejorar o modificar diversos aspectos del funcionamiento de los sistemas CNS/MET y Energía.

7.8.1 Niveles de responsabilidad del monitoreo, gestión y control.

Al igual que los equipos y sistemas que conforman el CNS/MET y Energía, las actividades de monitoreo son realizadas a nivel local, regional y nacional, donde el monitoreo local se entiende como aquel que se efectúa en el sitio o la estación aeronáutica, el Regional se efectúa en la sala técnica principal del de la Regional, y el Nacional que se efectúa en nivel central.

Tabla 39. Nivel de responsabilidad de gestión y control de los sistemas

Sistema	Control	Gestión
Sistemas de Radioayudas	Local Regional	Regional
Sistema GNSS y Equipos Asociados	Nacional	Nacional
Sensores Radar	Local Regional	Regional Nacional
Centro de Control	Local Regional	Local Regional
VHF-ER	Regional	Regional Nacional
VHF – Local Torres	Local	Local
Red de Microondas	Regional	Regional Nacional
Red Satelitales	Regional	Regional Nacional
Canales de Comunicación	Nacional	Nacional
AMHS	Nacional	Nacional
Banco de NOTAM/OPMET	Nacional	Nacional
Red Multiplexores	Regional	Nacional

Sistemas de Radar Meteorológicos	Regional	Regional Nacional
Sistemas Asociados al CNAP	Nacional	Nacional
Sistemas integrados de Equipos MET	Nacional	Nacional
Sistemas Eléctricos y Mecánicos	Local	Local

Fuente: Circular normalizada No. 036 [8]

7.8.2 Gestión de Seguridad sobre el Monitoreo, Control y Gestión.

La Gestión de la seguridad informática, asignación de claves y permisos que permiten al personal ATSEP realizar las funciones de Monitoreo, Control y Gestión debe ser gestionada por el Coordinador del Grupo Soporte.

7.8.3 Actividades del Monitoreo, Gestión y Control a nivel nacional.

Los Grupos de Soporte ubicados en cada regional serán los responsables de las actividades de monitoreo y control a los sistemas y equipos adscritos a cada regional, por ello, la Dirección de Telecomunicaciones y ayudas a la navegación, en la medida de lo posible, procederá a instalar los sistemas de monitoreo y los medios de transporte de datos para el control y vigilancia de forma remota para cada uno de los sistemas CNS/MET y Energía.

7.8.4 Actividades del Monitoreo, Gestión y Control a nivel Local y/o Regional.

Las actividades de Monitoreo, Gestión y Control a nivel local estarán bajo la responsabilidad del jefe de soporte técnico y estarán ubicadas en los puestos reactivos debidamente aprobados por la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea y que correspondan cada sistema.

7.9 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

7.9.1 Generalidades

Esta actividad consiste en determinar en todo instante la condición técnica real de los sistemas CNS/MET y Energía, mientras se encuentre en pleno funcionamiento y operación, para ello se hace uso de un proceso sistemático de mediciones de los parámetros más

importantes de cada equipo. El Mantenimiento Predictivo permite decidir cuándo realizar Mantenimiento Preventivo Directo.

Esta actividad busca como objetivo disminuir el apagado de los sistemas CNS/MET y Energía por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por disminución de la capacidad y la no disponibilidad de un equipo.

7.9.2 Responsabilidades

La Dirección de Mantenimiento de infraestructura CNS/MET y Energía es responsable por intermedio de sus grupos de soporte en avanzar en los sistemas del mantenimiento predictivo asociados a cada sistema de impacto nacional y de ubicar la información centralizada en bases de datos por intermedio de la unidad de flujo.

7.10 MANTENIMIENTO PROACTIVO.

7.10.1. Generalidades.

La Dirección de Mantenimiento de infraestructura CNS/MET y Energía debe brindar indicadores (informes o reportes) hacia las Direcciones y Secretarías correspondientes, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

7.11. INDICADORES DE GESTIÓN.

Cada Coordinador de Grupo Soporte de las Regionales debe mantener actualizada las Bases de Datos de los equipos/sistemas a su cargo, las que están dispuestas en SIGMA, sobre los cuales estará realizando una consolidación estadística mensual de los Indicadores de Disponibilidad y Servicio de cada uno de los sistemas del CNS/MET y Energía: Telecomunicaciones Aeronáuticas, Ayudas a la Navegación, Vigilancia Aeronáutica, Sistemas Meteorológicos que soportan la operación Aérea del País.

7.12. AUDITORIA DEL MANTENIMIENTO.

Actividad documentada que se realiza para determinar mediante investigación, examen y evaluación de evidencias objetivas del cumplimiento de:

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| ➤ Procedimientos establecidos | ➤ Códigos |
| ➤ Instrucciones | ➤ Normas |
| ➤ Especificaciones | |

➤ Programas operativos o administrativos y ➤ Otros documentos aplicables

Así como la efectividad de su implementación.

7.13. INVESTIGACIÓN DE INCIDENTE TÉCNICO

En caso de una falla o un evento relacionado con los sistemas CNS/MET y Energía que genere un impacto nacional sobre la operación aérea o que se presente de carácter recurrente se deberá realizar una investigación de incidente técnico que contenga el análisis de falla, la recolección de evidencias, la descripción de los hechos , la revisión de los procesos y procedimientos aplicados para determinar la causa probable, las conclusiones y las recomendaciones para que un hecho similar no vuelva a ocurrir desde el punto de vista técnico.

7.13.1. Nominación del investigador.

El Secretario de Sistemas Operacionales, una vez ha sido notificado del impacto sobre el servicio como consecuencia de un hecho técnico, procederá a nominar al investigador ANI del Grupo GISNA, quien queda facultado para estructurar, recolectar, consultar, solicitar lo necesario para el desarrollo de la investigación.

Todas las áreas relacionadas con los sistemas CNS/MET y Energía, Automatización, Operadores de Aeropuertos, proveedores de servicios a la navegación aérea y demás que permiten la operación aérea deben prestar la mayor colaboración al desarrollo del proceso. El investigador podrá asesorarse de personal especializado y requerir conceptos de las diferentes áreas técnicas y operacionales relacionadas con la falla.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para finalizar esta investigación se dictan las siguientes conclusiones y algunas recomendaciones producto del análisis de la información recolectada por el autor.

7.1 CONCLUSIONES

- Mediante investigación de las regulaciones a nivel nacional, se encontró que en Colombia la normativa existente sobre el mantenimiento de los sistemas de radioayudas es mínima, y esto viene dado, porque no se ha desarrollado la documentación necesaria que defina como es el diseño, la ejecución y seguimiento de los mantenimientos de dichos sistemas.
- Se identificó a través del análisis comparativo, que la Aerocivil puede adoptar las recomendaciones internacionales y de los fabricantes dentro de sus procedimientos y guías, con el fin de cumplir con lo establecido y estandarizar el proceso de mantenimiento de los sistemas aeronáuticos de radioayudas.
- Se evidenció durante el desarrollo del documento, la homogeneidad en cada uno de los documentos y recomendaciones consultados, los cuales enfatizan siempre en seguir las instrucciones dadas por el fabricante y en algunos casos concuerdan entre sí con la periodicidad de las certificaciones en tierra y en vuelo; contrario a esto no existe un documento normativo o de obligatorio cumplimiento que defina el procedimiento necesario para el desarrollo de los diferentes mantenimientos de los sistemas de radioayudas, con el cual se rijan los técnicos a la hora de adelantar actividades de mantenimiento.
- Se concluye, que la Entidad no posee documentación donde se definan los parámetros a tener en cuenta para los mantenimientos, y es por esto que se realizan según el criterio del técnico, por lo tanto, no se tiene control, lo que hace necesaria la definición e implementación de procedimientos estandarizados.
- En cuanto a la adopción de la propuesta por parte de la Entidad, es importante resaltar que se deben realizar algunos cambios y/o modificaciones a la normatividad

aeronáutica, de tal forma que sea viable y acorde y no existan controversias entre lo expuesto en la propuesta y lo que indica la reglamentación nacional.

- Se desarrolló una propuesta normativa con el fin de ser revisada, estudiada e implementada por la Aeronáutica Civil, en la cual se encuentran plasmadas modificaciones al organigrama de la Entidad, creando la Dirección de Mantenimiento adscrita a la Secretaría de Sistemas Operacionales y la certificación para el personal técnico ATSEP, la cual deberá ser la máxima autoridad en cuanto a mantenimiento dentro de la Entidad.

7.2 RECOMENDACIONES

- Documentar el proceso de mantenimiento de los sistemas aeronáuticos de radioayudas a nivel nacional, con apoyo de la propuesta presentada, incluyéndola dentro del RAC 210 que actualmente se encuentra en proceso de elaboración, obteniendo de esta forma la estandarización y reglamentación del proceso.
- Realizar evaluación teórica-práctica al personal técnico ATSEP referente a los conocimientos, con el fin de conocer el nivel real en el cual se encuentran respecto al Programa Nacional de Instrucción para el personal en mención, y de esta forma,
- Iniciar los procesos correspondientes para la certificación del personal técnico ATSEP, con el fin de crear un proceso de certificación de acuerdo a las capacitaciones y acreditación emitida por el CEA y los entrenamientos certificados por los fabricantes.

ANEXO A. FORMATO CERTIFICADO DE INSPECCIÓN RADIOAYUDAS EN TIERRA

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: XXXX.250.1	FORMATO CERTIFICADO DE INSPECCIÓN RADIOAYUDAS EN TIERRA
--	--

Número: _____

Fecha de la Inspección: dd/mm/aaaa

Nombre de la Estación: _____

Inspector en Tierra: _____

La Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil (UAEAC), a través del Grupo de Ayudas a la Navegación Aérea de la Dirección de Telecomunicaciones y Ayudas a la Navegación Aérea y de acuerdo con lo establecido en el Documento 8071 de la OACI, certifica que:

- El dd/mm/aaaa se realizaron los ensayos en tierra a la Estación Aeronáutica adscrita al Aeropuerto _____ de _____.
- Los ensayos en tierra realizados arrojaron resultados satisfactorios y verificados los resultados históricos de los parámetros operativos del sistema, se determina el cumplimiento de lo establecido en el Documento 8071 de la OACI.
- Desde el punto de vista técnico, el sistema _____ puede ser utilizado de manera confiable para apoyar la Navegación Aérea.
- Se adjuntan al presente certificado los parámetros de operación del sistema en tierra.
- Este certificado tiene una vigencia de noventa (90) días calendario a partir de su fecha de expedición.

	Inspector en Tierra	V.B. Jefe Soporte Técnico Regional	V.B. Jefe Grupo Ayudas a la Navegación Aérea	V.B. Director de Telecomunicacio nes y Ayudas a la Navegación Aérea.
Firma / sello				
Nombre				
C.C.				
Cargo				

ANEXO B. NORMATIVIDAD NACIONAL RELACIONADA PRINCIPALMENTE A LOS RAC

✈ LEY 12/1947 [70]

“Por la cual se aprueba la Convención sobre Aviación Civil Internacional”

Incluye medidas para facilitar la navegación aérea, aplicando las leyes de inmigración, cuarentena, aduana y despachos.

En el Artículo 28. Ayudas para la navegación aérea y sistemas uniformes. Indica que cada estado se compromete a: Proveer aeropuertos, servicios de radio, servicios meteorológicos y otras ayudas a la navegación aérea.

Esta ley dicta que cada uno de los integrantes de esta convención, debe incluir dentro de su estructura normativa, la Adopción de Normas y procedimientos internacionales, con el fin de permitir una estandarización internacional entre los miembros.

✈ DECRETO 410/1971 [71]

“Por el cual se expide el Código de Comercio”

Como dato de importancia que incluye este decreto, se menciona el **ARTÍCULO 1782**. El cual contiene la definición de Autoridad aeronáutica, entendiéndose como el Departamento Administrativo de Aeronáutica Civil o la entidad que asuma las funciones que actualmente ejerce dicha jefatura.

✈ LEY 105/1993 [72]

“Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones”

El **ARTÍCULO 47**. Se encuentra relacionado con las Funciones aeronáuticas, las cuales serán ejercidas por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil como entidad especializada, anexa al Ministerio de Transporte.

✈ LEY 336/1996 ESTATUTO GENERAL DE TRANSPORTE [73]

“Tiene por objeto unificar los principios y los criterios que son fundamento para la regulación y reglamentación del Transporte Público Aéreo, Marítimo, Fluvial, Férreo, Masivo y Terrestre y su operación en el Territorio Nacional”

El **Capítulo II** destinado al **Transporte Aéreo**. El cual inicia con el **ARTÍCULO 68**. Establece que el transporte aéreo en Colombia se rige por las normas del Código de Comercio, por el Manual de reglamentos aeronáuticos de la Aerocivil, por Tratados o Convenios adoptados o aplicados en el país. Es por esto que el documento desarrollado fue basado en la normatividad expedida en conjunto por el Ministerio de Transporte y la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

✈ **DECRETO 823/2017 (modificó Art. 5 Decreto 260/2004) [40]**

“Por el cual se modifica la estructura de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil), y se dictan otras disposiciones”

En su **ARTÍCULO 2**. Define las Funciones de la Aerocivil, entre las que se encuentran regular, vigilar y controlar la navegación aérea que se realice en el espacio aéreo a su cargo y garantizar el cumplimiento del Convenio sobre Aviación Civil Internacional del que trata la Ley 12 de 1947.

✈ **DECRETO 1029/1998 [74]**

“Por el cual se reglamentan las telecomunicaciones del servicio móvil aeronáutico, y radionavegación aeronáutica”

De utilidad se toma el **ARTÍCULO 3**. Que deja en claro que la Aerocivil tiene como responsabilidad establecer sistemas de telecomunicaciones y sus controles teniendo en cuenta las necesidades de navegación aérea para búsqueda y salvamento, seguridad humana en el espacio aéreo, seguridad de la navegación y el de principal interés la radionavegación y ayudas a la navegación. Sabiendo así de este modo que la Aerocivil es netamente la encargada de la navegación aérea en el país.

✈ **DECRETO 1078/2015 [11]**

“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones”

Presenta información un tanto específica relacionada con el espectro radioeléctrico en el territorio nacional; entiéndase el espectro radioeléctrico como el medio por el cual se transmiten las frecuencias de ondas de radio electromagnéticas que permiten las telecomunicaciones.

Y dentro del **TITULO 4. De las telecomunicaciones del servicio móvil aeronáutico, y radionavegación aeronáutica**. Se indica que la Aerocivil es a quien le corresponde establecer los sistemas de comunicaciones y sus controles.

Este decreto contiene un capítulo destinado a los requisitos necesarios para la obtención de las licencias para operar sistemas de telecomunicaciones abordo de aeronaves y/o estaciones fijas, y las licencias de personal especializado al servicio de las telecomunicaciones.

➤ **RESOLUCIÓN 06352/2013 [75]**

“Por la cual se adopta una nueva metodología y sistema de nomenclatura para los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, en aras de su armonización con los Reglamentos Aeronáuticos Latinoamericanos - LAR”

Indica los cambios respecto a la metodología anterior y define específicamente los aspectos claves que incluye la nueva, teniendo presente redacción, uso de definiciones y abreviaturas, unidades de medida, estructuración, numeración y formato, basándose en la norma LAR 11 la cual determina las Reglas para la formulación, emisión y enmiendas de las LAR.

ANEXO C. MANUAL DME INDRA LDB 103 (ILS IADO)

La información referente a este equipo se encuentra plasmada en el documento Doc.: 0063400000100MA00 el cual es el manual de fabricante, dentro de los capítulos específicos que contienen información relevante se encuentran: Cap. 6 comprendido entre las páginas 6 – 6.21, Cap. 7 páginas 7.1 – 7.92, Cap. 8 páginas 8.1 – 8.35, Cap. 9 páginas 9.1 – 9.31.

Indra indica que el equipo está fabricado para cumplir con las especificaciones dadas en el Anexo 10 (OACI), Doc. 8071 (OACI) y requisitos ED-57 (EUROCAE) y FAA-E-2996.

Este documento contiene información acerca de la operación DME y como el equipo en mención implementa dichas funciones, además contiene detalles técnicos de los módulos para actividades de operación, ajuste y reparación, enlista las partes que conforman el sistema DME, realizando una descripción de los módulos del sistema y sus funciones. De tal modo que el sistema soporte la operación normal, se mencionan especificaciones técnicas de este equipo para el sistema, subsistema y módulo, ajustes y restauración del sistema incluyendo para esto procedimientos de prueba. Por último, incluye procedimientos de mantenimiento de manera general, evidenciando el flujo de localización de fallas, y determinando un programa de mantenimiento; dentro de este recomienda procedimiento para inspección y prueba del equipo, estableciendo que la frecuencia de los mantenimientos depende de la autoridad del sitio de acuerdo con las recomendaciones internacionales y las condiciones ambientales del sitio.

Como equipo de prueba indica los siguientes equipos:

- Computadora con navegación
- Osciloscopio
- Multímetro digital. [18]

Las revisiones a realizar según la frecuencia se resumen en la **TABLA 40** (según ítem 9.6 del manual en referencia):

Tabla 40.Actividades de mantenimiento periódico para DME INDRA LDB 103

DIARIO					
➤	Iniciar sesión equipo.				
➤	Verificar que	NO	existan	alarmas	en el
	indicador de estados.				
➤	Verificar el	número	de	conteo	de
	reprocesos (recycling).				
➤	Generar registro de todo lo efectuado y del estado de los sistemas (en caso de ser requerido).				
SEMANAL					
➤	Iniciar sesión equipo.				
➤	Verificar que	NO	existan	alarmas	en el
	indicador de estados.				
➤	Verificar el	número	de	conteo	de
	reprocesos (recycling).				
➤	Realizar recorrido por la información de estados, verificar que la lectura de parámetros sean los correctos y guardar la información de salida de potencias.				
➤	Realizar recorrido por la información de estados/MTU ejecutivo, verificar que la lectura de parámetros sean los correctos.				
➤	Navegar por la información de estados/RCU verificar el número de reprocesos durante las últimas 24 horas, que la lectura de parámetros sean los correctos.				
➤	Verificar el estado operativo del aire acondicionado.				
➤	Generar registro de todo lo efectuado y del estado de los sistemas (en caso de ser requerido).				
<i>En visita en campo:</i> Inspeccionar limpieza, ajuste del equipo y de las instalaciones. Realizar prueba a la pantalla LED y verificar la presencia de insectos.					
TRIMESTRAL					
➤	Realizar los trabajos que se hacen semanalmente.				
➤	Verificar el retardo del sistema y el espacio entre pulsos.				
➤	Seleccionar los equipos uno y dos como principales en antena.				
➤	Generar registro de todo lo efectuado y del estado de los sistemas (en caso de ser requerido).				
ANUAL					
➤	Realizar los trabajos que se hacen trimestralmente.				
➤	Verificar señales del conector de prueba en los módulos.				
➤	Ejecutar transferencia automática.				
➤	Medir potencia y características del pulso de salida				
➤	Medir la muestra OL pin 1 del conector de prueba.				
➤	Generar registro de todo lo efectuado y del estado de los sistemas (en caso de ser requerido).				

Fuente: Doc. N. 0063400000100MA00 Technical Manual DME LDB-103. [18]

ANEXO D. MANUAL DVOR INDRA VRB-53D

La información referente a este equipo se encuentra plasmada en el documento Doc. N°: 0066200000100MA02 el cual es el manual de fabricante, dentro de los capítulos específicos que contienen información relevante para nosotros son: Cap. 5 comprendido entre las páginas 5.1 – 5.146, Cap. 6 páginas 6.1 – 6.48.

Dentro del manual se encuentran especificaciones técnicas de este equipo para el sistema, subsistema y módulo de tal modo que soporte operación normal, ajustes y restauración del sistema incluyendo para esto procedimientos de prueba; posee las directrices para el procedimiento de mantenimiento, indicando que las pautas para el intervalo de los mantenimientos se pueden visualizar en el documento ED-52 o en la documentación de FAA.

Instrucciones para mantenimiento rutinario: orienta en la forma como el personal técnico puede identificar y ubicar el módulo defectuoso cuando un radiofaro se haya apagado debido a un fallo.

Instrucciones para mantenimiento especial: la reparación del hardware es una labor muy especializada por lo cual resulta conveniente y rentable devolver los módulos defectuosos al fabricante para su reparación. Los módulos LRU (Unidad Reemplazable en Línea) considerados averiados pueden enviarse de nuevo a Indra Australia para reparar, tanto si estos se encuentran en garantía o no.

Los equipos de prueba necesarios para realizar los procedimientos descritos en el manual son:

➤ Herramienta mecánica	➤ Ordenador portátil	➤ Potenciómetro
➤ Herramienta eléctrica	➤ Analizadores	➤ Medidor modulación
➤ Osciloscopio	➤ Receptor y generador VOR	➤ DMM
➤ Equipo de soldadura	➤ Voltímetro vectorial	➤ Divisor de señal
➤ Microscopio	➤ Contador de frecuencia	➤ Atenuadores
		➤ Cargas coaxiales
		➤ Detector
		➤ Amplificador

ANEXO E. MANUAL MODEL 1118^a /1119^a DME

Contiene instrucciones para mantenimiento periódico y también para correctivo.

En cuanto a mantenimiento periódico, indica cada cuanto se deben realizar los mantenimientos según un orden secuencial para los equipos de tierra (**TABLA 41**), aclarando que los equipos DME pueden operar continuamente sin supervisión, controles de rendimiento, pero con verificaciones de desempeño trimestral, semestral y anual.

Para cada uno de los mantenimientos y/o verificaciones que se deben realizar, en el capítulo 6 se detalla el paso a paso (procedimiento) de cómo se recomienda realizarlo.[20]

Tabla 41.Actividades de mantenimiento periódico para Model 1118A/1119A DME SELEX

TRIMESTRAL
➤ Para el RMM remoto u otra ubicación, Verificar de manera remota la certificación del DME. (procedimiento en Cap. 6 del manual)
ANUAL
➤ Verificar rendimiento de frecuencia del transmisor, del receptor, del interrogador
➤ Verificar el rendimiento del pulso del transmisor
➤ Verificar rendimiento de salida de potencia del transmisor
➤ Chequear rendimiento del receptor y decodificador
➤ Verificar rendimiento de la demora de respuesta del transpondedor
➤ Verificar rendimiento de la identificación de frecuencia
➤ Supervisar la comprobación del rendimiento del interrogador
➤ Monitorizar el rendimiento de apagado/transferencia
➤ Supervisar la verificación del rendimiento de la integridad de la alarma
➤ Verificar el rendimiento de la fuente de alimentación y de la batería
➤ Comprobar la certificación remota DME

Fuente: Operations and Maintenance Manual Model 1118A/1119A DME [20]

El manual proporciona los procedimientos de mantenimiento necesarios para el rendimiento normal del equipo, tanto para DME simple como para dual, encontrando los siguientes:

- *Procedimientos de verificación de rendimiento:* menciona los equipos de prueba sugeridos para el mantenimiento de equipos DME, sin embargo, se pueden usar equipos equivalentes a los que se mencionan a continuación, indicando además el fabricante y modelo de cada uno en el documento original:
 - 1 osciloscopio de doble canal con sondas
 - 2 cables de prueba, BNC-macho a BNC-macho, RG223 de 6 pies
 - 1 medidor de pico de potencia
 - 1 vatímetro de potencia máxima de 250W para DME de 100W y/o

- ✦ 1 vatímetro de potencia máxima de 2500W para DME de 1000W
- ✦ 1 atenuador de RF máximo de 30dB, 10W, 250W para DME de 100W y/o
- ✦ 1 atenuador de RF máximo de 30dB, 50W, 5000W para DME de 1000W
- ✦ 1 contador de frecuencia
- ✦ 1 medidor digital de voltios
- ✦ 1 cable RF RG223, N-macho a TNC-macho, de 2 pies
- ✦ 1 cable heliax RF de 1/4", N-macho a N-macho de 3 pies

✦ *Otras tareas de mantenimiento:*

- ✦ Verificar que el lugar se encuentre esté libre de obstáculos que puedan afectar el funcionamiento normal del DME
- ✦ Revisar el shelter por dentro y por fuera con el fin de identificar signos de filtración de agua, daños o deterioro.
- ✦ Chequear el estado del aire acondicionado, iluminación del shelter, enchufes eléctricos, pararrayos, etc.

En cuanto al mantenimiento correctivo, las reparaciones que se mencionan se limitan únicamente al reemplazo del módulo, indicando como realizar inspección con la alimentación apagada, resalta que lo principal a inspeccionar es:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| ✦ Conexiones eléctricas | ✦ Reparaciones incorrectas o |
| ✦ Uniones mecánicas y enlaces, | modificaciones recientes |
| también interruptores | ✦ Corrosión, piezas rotas o faltantes |
| ✦ Condición del cableado | ✦ Acumulación de suciedad |
| ✦ Fusibles del sistema | |

Para solucionar los inconvenientes que se hayan presentado en el DME se recomienda,

- 1) Identificar el síntoma
- 2) Enumerar los síntomas identificados
- 3) Inspeccionar sigilosamente el montaje sospechoso
- 4) Verificar fuentes de alimentación
- 5) Con ayuda de un osciloscopio, verificar las formas de onda de montaje sospechoso defectuoso
- 6) Verificar las señales del reloj por medio de un osciloscopio.[20]

Los elementos y actividades de mantenimiento que se deben realizar para los equipos DME se pueden visualizar en la **TABLA 42**:

Tabla 42.Actividades de mantenimiento por inspección visual para Model 1118A/1119A DME SELEX.

Inspección visual del sistema
Inspección del sitio
➤ Verificar que el lugar se encuentre esté libre de obstáculos que puedan afectar el funcionamiento normal del DME ➤ Revisar el shelter por dentro y por fuera con el fin de identificar signos de filtración de agua, daños o deterioro. ➤ Chequear el estado del aire acondicionado, iluminación del shelter, enchufes eléctricos, pararrayos, etc.
Inspección de la antena
➤ Verificar estabilidad de la antena ➤ Inspeccionar las conexiones de cable a tierra (que estén seguras y en buen estado) ➤ Revisar los cables y conectores RF (roturas, grietas, corrosión) ➤ Comprobar que los conectores estén sujetos e inspeccionar las demás partes de antena (daños, infestación)
Inspección de equipos
➤ Revisar los arneses de cables de interconexión, cables coaxiales y conectores (corrosión, grietas, roturas, quemaduras) ➤ Verificar que los conectores RF estén apretados ➤ Comprobar funcionamiento funcional de todas las indicaciones presionando botón LAMP TEST.
Inspección de batería de la unidad de respaldo
➤ Colocar los breakers de circuito DC en la posición de OFF. ➤ Si se tiene una caja de batería externa, retire la tapa; sino abra la puerta trasera del gabinete DME. ➤ Inspeccionar el estado de la batería y los conectores y cables (grietas, roturas, quemaduras, corrosión). ➤ Limpiar el área de la batería ➤ Cerrar la tapa de la batería y colocar los breakers de circuito DC en la posición ON.
Mantenimiento de ventiladores y filtros de aire
➤ Abrir puerta trasera del gabinete DME, inspeccionar filtro de aire del panel lateral derecho ➤ Limpiar filtro de aire, sacudir suciedad y residuos sueltos ➤ Lavar el filtro ➤ Secar el filtro completamente.

Fuente: Operations and Maintenance Manual Model 1118A/1119A DME. [20]

ANEXO F. MANUAL MODEL 1150 DOPPLER VHF OMNIRANGE (DVOR)

Para el mantenimiento periódico el manual sugiere realizarlo con controles mensuales, trimestrales, semestrales y anuales, para cada una de estas actividades de revisión (TABLA 43), el manual en el apartado 6 describe el procedimiento recomendado para poder llevarlas a cabo.

Además, indica procedimientos especiales como el reemplazo o sustitución, ajuste de algunos elementos, la actualización del software del DVOR y cambio de baterías.[21]

Tabla 43.Actividades de mantenimiento periódico para Model 1150 DVOR SELEX

MENSUAL
➤ Prueba del generador monitor VOR ➤ Realizar prueba de certificación monitor VOR ➤ Chequear estado/control de la RSCU ➤ Verificar la modulación 30Hz y 9960HZ ➤ Comprobar la relación de desviación
TRIMESTRAL
➤ Inspeccionar el sitio ➤ Limpiar los filtros de aire ➤ Comprobar potencia de salida del portador ➤ Verificar la identificación de la estación ➤ Verificar la antena VSWR ➤ Comprobar transferencia de la batería de respaldo ➤ Comprobar transferencia automática ➤ Reasignar transmisores principales/en espera
SEMI ANUAL
➤ Inspeccionar la batería de respaldo ➤ Comprobar frecuencia de la portadora ➤ Comprobar frecuencia de funcionamiento
ANUAL
➤ Verificar calibración del vatímetro BITE ➤ Verificar la calibración del contador de frecuencia BITE ➤ Revisar calibración de BITE VSWR ➤ Comprobar batería en CPU CCA ➤ Inspección del sistema de antena y radomo ➤ Inspeccionar la antena del monitor de campo

Fuente: Operations and Maintenance Manual Model 1150 DVOR. [21]

Además, incluye *Otras tareas de mantenimiento* (TABLA 44) que son necesarias para el funcionamiento eficiente de los equipos:

Tabla 44.Otras actividades de mantenimiento para Model 1150 DVOR SELEX

Inspección visual del sistema

Inspección del sitio
➤ Verificar que el lugar se encuentre esté libre de obstáculos que puedan afectar el funcionamiento normal del DVOR ➤ Revisar el shelter por dentro y por fuera con el fin de identificar signos de filtración de agua, daños o deterioro. ➤ Chequear el estado del aire acondicionado, iluminación del shelter, enchufes eléctricos, pararrayos, etc. ➤ Verificar y eliminar acumulaciones de nieve, hielo o escombros en las antenas y del contrapeso.
Inspección de la antena
➤ Asegurar que los dos transmisores DVOR estén apagados ➤ Verificar que las antenas DVOR estén dentro de los radomos de fibra de vidrio ➤ Inspeccionar las áreas de acoplamiento de los radomos donde estos interactúan con la base del mismo o donde estos interactúan con las antenas, verificar fuga de agua o deterioro. (reparar según sea necesario) ➤ Inspeccionar la antena (deterioro por agua, cables de entrada y conectores con grietas o corrosión) ➤ Revisar contrapeso (deterioro), verificar conexión eléctrica entre los segmentos del contrapeso y las conexiones a tierra ➤ Reemplazar las cubiertas del radomo de la antena
Inspección de equipos
➤ Revisar los arneses de cables de interconexión, cables coaxiales y conectores (corrosión, grietas, roturas, quemaduras) ➤ Verificar que los conectores RF estén apretados ➤ Inspeccionar los equipos periféricos conectados al DVOR (PMDT, impresora, etc.) ➤ Revisar los indicadores del panel frontal y asegurarse de que estos son normales ➤ Chequear, limpiar, lavar, secar los filtros de aire DVOR
Inspección de batería de la unidad de respaldo
➤ Colocar los breakers automáticos de la caja de baterías en la posición de OFF. ➤ Retirar la tapa de la caja de baterías, inspeccionar el estado de la batería y los conectores y cables (grietas, roturas, quemaduras, corrosión). ➤ Limpiar el área de la batería ➤ Cerrar la tapa de la batería y colocar los breakers en la posición ON.
Mantenimiento de sopladores y filtros de aire
➤ Limpiar filtro de aire, sacudir suciedad y residuos sueltos ➤ Lavar el filtro ➤ Secar el filtro completamente.

Fuente: Operations and Maintenance Manual Model 1150 DVOR. [21]

Para solucionar los inconvenientes que se hayan presentado en el DVOR,

- 1) Identificar el síntoma
- 2) Enumerar los síntomas identificados
- 3) Inspeccionar sigilosamente el montaje sospechoso
- 4) Verificar fuentes de alimentación

- 5) Con ayuda de un osciloscopio, verificar las formas de onda del conjunto defectuoso sospechoso
- 6) Verificar las señales del reloj por medio de un osciloscopio.
- 7) Verificar señales de control de entrada y salida del microprocesador

El documento incluye una relación entre el síntoma que puede tener el sistema DVOR, las causas posibles y el procedimiento recomendado para solucionar el problema encontrado; de manera general ya que no se puede abarcar la infinidad de síntomas que se puedan presentar, pero que resulta de gran ayuda para el mantenimiento correctivo del sistema.

Equipo de prueba:

- Osciloscopio
- Multímetro digital
- Contador de frecuencia
- Medidor de potencia [21]

ANEXO G. MOPIENS 300 DME MARU 310-320 TECHNICAL MANUAL

Incluye especificaciones para instalar, operar y mantener estos equipos incluyendo procedimientos, indicando cuales son las comprobaciones necesarias para la operación normal del equipo, señala que el personal de supervisión es quien debe programar dichas comprobaciones de acuerdo a los intervalos recomendados.

Recomienda el uso de los siguientes equipos de prueba para las mediciones (menciona dentro del manual fabricante y modelo sugerido):

- Sensor de potencia USB
- Adaptador de sensor de potencia
- Analizador de espectro
- Contador de frecuencias
- Multímetro digital
- Osciloscopio digital
- Generador de señal aviónica
- Acoplador direccional de RF
- Atenuador de alta potencia
- Analizador de red [22]

En la **TABLA 45**, se plasman los controles recomendados a realizar en el sitio con su respectiva periodicidad (mantenimiento periódico):

Tabla 45.Actividades de mantenimiento para 300 DME MARU 310-320 MOPIENS

MENSUAL
➤ Estado de operación ➤ Retraso de respuesta ➤ Limpieza de equipos
TRIMESTRAL
➤ Potencia RF ➤ Verificar características del pulso de respuesta (ancho, tiempo de aumento y decaimiento, tiempo entre pulsos) ➤ Recuento de pulsos de salida ➤ PRF mínimo sin interrogatorio ➤ Sensibilidad del receptor ➤ Monitorear puntos de alarma (de salida de máxima potencia, de conteo de pulsos de salida, respuesta de eficiencia de la alarma, de retraso de respuesta, de espaciado de par de pulsos) ➤ Fuente de alimentación (voltaje de AC y DC, batería de respaldo)
ANUAL
➤ Frecuencia del transmisor ➤ Monitor de retraso de alarma ➤ Verificación de BITE ➤ Antena y equipo de resistencia a tierra ➤ Comprobación de daños

Incluye otros mantenimientos en el sitio, no define periodicidad por lo que se puede deducir que se realizan estas actividades de vez en cuando o al ser necesario, dentro de estas se incorporan limpieza e inspección del shelter y equipo, inspección de baterías, inspección visual completa de los equipos.

Principalmente, define el paso a paso para el mantenimiento o verificación de los componentes y/o funciones del sistema apuntando los estándares y tolerancias permitidos (recomendados). Dentro de este manual señala que equipos son necesarios para la limpieza y el procedimiento para realizar dicha limpieza, establece equipos de prueba dependiendo del componente del sistema de radio-ayuda DME.

En cuanto a mantenimiento correctivo el cual contiene localización y solución de las fallas:

Localización de fallas:

- Enumerar los síntomas identificados por los técnicos
- Verificar el estado de operación con PMDT
- Localizar el módulo/unidad defectuosa
- Inspeccionar visualmente el módulo/unidad sospechosa
- Comprobar signos de calor excesivo
- Verificar los cables de alimentación coaxial y la distribución de antenas (si la falla es fuera del shelter)
- Identificar y usar el equipo de prueba adecuado [22]

ANEXO H. MOPIENS 500 ILS 510/520 LOCALIZER / 530/540 GLIDE PATH TECHNICAL

Incluye especificaciones para instalar, operar y mantener estos equipos incluyendo procedimientos, indicando cuales son las comprobaciones necesarias para la operación normal del equipo (TABLA 46 y TABLA 47).

Tabla 46. Actividades de mantenimiento para 500 ILS 510/520 LOCALIZER / 530/540 MOPIENS

MENSUAL
✈ Verificar voltaje y corriente
TRIMESTRAL
✈ Parámetros del monitor
✈ Porcentaje de modulación CSB
SEMI-ANUAL
✈ Frecuencia de operación
✈ Potencia de RF
✈ Control de integridad del monitor

Fuente: 500 ILS 510/520 LOCALIZER 530/540 GLIDE PATCH TECHNICAL MANUAL [76] [23]

Como equipo de prueba el documento Radio Navigation Aids Mopiens 500 ILS [77] define:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ✈ Voltímetro digital (multímetro) | ✈ Medidor de potencia (vatímetro) |
| ✈ Osciloscopio | ✈ Analizador de señal VOR/ILS |
| ✈ Contador de frecuencias | ✈ Analizador de red vectorial |

Tabla 47. Actividades de mantenimiento para MOPIENS 500 ILS

MENSUAL
✈ Verificar y registrar los parámetros normales del equipo
TRIMESTRAL
✈ Realizar verificación de terreno
✈ Chequear los puntos de alarma del monitor
✈ Verificar la función de apagado de monitor
SEMI-ANUAL
✈ Verificar modulaciones
✈ Revisar la fase del sistema de antena
ANUAL
✈ Medir frecuencias
✈ Comprobar la fase de audio
✈ Verificar tiempos de demora
✈ Inspeccionar reinicio automático/reiniciar
✈ Revisar banda lateral nula
✈ Chequear monitor en espera

Fuente: Radio Navigation Aids MOPIENS 500 ILS [77]

ANEXO I. MOPIENS MARU 220 DVOR TECHNICAL MANUAL

Volumen II Operaciones y mantenimiento capítulo 4, contiene instrucciones para pruebas de rendimiento, incluyendo además actividades para el mantenimiento preventivo (TABLA 48).

Tabla 48. Actividades de mantenimiento para MOPIENS MARU 220 DVOR

MANTENIMIENTO PREVENTIVO
MENSUAL
✦ Verificar estado del sistema ✦ Inspeccionar la frecuencia de RF del portador/banda lateral ✦ Comprobar la forma de onda de modulación del portador ✦ Verificar forma de onda de mezcla de banda lateral
TRIMESTRAL
✦ Verificar el entorno del sitio ✦ Inspeccione y limpie el ventilador de enfriamiento (sopladores) ✦ Revisar la potencia de salida del portador y de la banda lateral ✦ Verificar IDENT del sitio ✦ Comprobar antena VSWR ✦ Verificar batería de respaldo ✦ Inspeccionar cambio de transmisor automático ✦ Cambiar el transmisor principal/en espera
ANUAL
✦ Verificar el elemento de la antena y el radomo ✦ Comprobar la antena del monitor ✦ Chequear los parámetros del monitor

Fuente: MARU 220 DVOR TECHNICAL MANUAL [24]

Herramienta y equipo de prueba recomendado para las operaciones de mantenimiento

- | | |
|---------------------------------------|----------------------|
| ✦ Osciloscopio | ✦ Carga ficticia |
| ✦ Multímetro digital | ✦ Analizador ILS/VOR |
| ✦ Contador de frecuencias | ✦ Analizador de red |
| ✦ Medidor de potencia y sus elementos | ✦ Cables de prueba |

Proporciona procedimientos de chequeo para algunos de los elementos del equipo DVOR [24].

ANEXO J. TOSHIBA DME MAINTENANCE GUIDANCE

Se sugiere realizar verificación periódica de tal manera que el equipo DME funcione en las mejores condiciones (TABLA 49).

Tabla 49. Actividades de comprobación para DME MAINTENANCE GUIDANCE TOSHIBA

COMPROBACIONES
DIARIO
➤ Confirmar que el dispositivo funciona normalmente comprobando RCMS.
SEMANAL
➤ Comprobar girando el interruptor de ENCENDIDO/APAGANDO (generalmente los artículos se verifican visualmente y con ayuda de testers)
MENSUAL/1.5 MESES
➤ Confirmar las formas de onda de salida y las frecuencias de transmisión utilizando varios testers.
ANUAL
➤ Chequear condiciones de los cables conectados a cada dispositivo.

Fuente: DME MAINTENANCE GUIDANCE [78]

El equipo de prueba necesario y que es recomendable usar según el fabricante es:

- Analizador de red
- Contador de frecuencias
- Medidor de potencia pico
- Analizador de espectro
- Osciloscopio
- Multímetro digital
- Acoplador direccional
- Carga ficticia
- Detector [25]

Proporciona procedimientos para configuraciones y verificaciones de las unidades del sistema los cuales se encuentran plasmados por medio de esquemas gráficos con paso a paso y toma de decisiones, indica que elementos del DME se deben medir y con la ayuda de qué equipo, incluye además algunas probables fallas que se pueden presentar, su causa factible, la acción recomendada para eliminar dicha causa y el método de verificación por medio del cual se puede identificar la falla. [78]

ANEXO K. TOSHIBA DVOR MAINTENANCE GUIDANCE

Esta guía contiene los chequeos requeridos para algunos elementos del sistema (TABLA 50), los repuestos que se deben colocar periódicamente, la manera como se reparan algunas piezas mecánicas, y solución de algunos de los problemas factibles que se puedan presentar.

Tabla 50. Actividades de comprobación para DME MAINTENANCE GUIDANCE TOSHIBA

COMPROBACIONES
DIARIO
➤ Confirmar que el equipo funciona normalmente confirmando la visualización de RCMS
SEMANAL
➤ Realizar comprobaciones visuales y con ayuda de testers de cada ítem del sistema (interruptores dado el caso)
MENSUAL/1.5 MESES
➤ Observar la forma de onda de salida y la frecuencia de transmisión de cada terminal para ser revisado
TRIMESTRAL
➤ Verificar las partes que contienen a las partes giratorias del soplador
SEMESTRAL
➤ Chequear fundamentalmente los dispositivos utilizados en exteriores
ANUAL
➤ Comprobar el estado de cada cable conectado a los dispositivos utilizados primordialmente al aire libre

Fuente: DVOR MAINTENANCE GUIDANCE [26]

El equipo de prueba recomendado para las verificaciones periódicas es:

- Osciloscopio
- Desplazador de fase
- Tester
- Vatímetro tipo línea directa [26]
- Medidor de resistencia de aislamiento

**ANEXO L. NORMARC 7000 ILS. NORMARC 3543 NULL REFERENCE GLIDE PATH
ANTENNA SYSTEM - NORMARC 3544 SIDEBAND REFERENCE GLIDE PATH ANTENNA
SYSTEM - NORMARC 3545 M-ARRAY GLIDE PATH ANTENNA SYSTEM**

Para el mantenimiento preventivo, invita a realizar actividades como:

- Sistema de antena: verificar periódicamente los conectores y la estructura del mástil y eliminar corrosión si es necesario. La superficie de los radomos se debe revisar y limpiar frecuentemente según las condiciones climáticas y ambientales (particularmente anual).
- Control de la vegetación en BFA: la altura máxima permitida de la hierba y arbustos es de 20 cm, por lo tanto, deben cortarse o eliminarse antes de alcanzar este nivel.
- Remoción de nieve en BFA: la altura de nieve permitida dentro del BFA es de 20 cm, para evitar complicaciones y apagados es de necesario e importante removerla antes de que alcance esta altura. Se debe tener en cuenta que la ruta de planeo ILS debe estar apagada durante los trabajos de mantenimiento.

En relación al mantenimiento correctivo establece que cuando ocurra una falla es probable que sea a causa de una conexión coaxial defectuosa. Se recomienda hacer uso de un voltímetro vectorial o vatímetro de línea directa para medir la relación de la onda estacionaria en las redes de distribución

Para procedimientos de ajuste, el equipo de prueba necesario es:

- Teodolito
- Voltímetro vectorial con acoplador direccional de cuatro puertos
- Analizador de red
- PIR (NORMARC 3710B) con antena portátil y atenuador
- Trozo de fase de 90°
- Probadores de accesorios (cables, adaptadores coaxiales) [27] [28] [29]

**ANEXO M. NORMARC 7011B/7012B - NORMARC 7013B/7014B - NORMARC
7031B/7032B - NORMARC 7033B/7034B INSTRUMENT LANDING SYSTEM**

Recomendaciones dadas por Park Air Systems para entornos operativos normales (TABLA 51), describiendo comprobaciones de rendimiento para operación segura del equipo ILS.

Verificaciones de rendimiento en el sitio en los mantenimientos periódicos:

Tabla 51. Actividades de mantenimiento periódico para NORMARC 7011B/7012B ILS

MENSUAL
✦ Observar y registrar datos del monitor (no alarmas ni advertencias) ✦ Observar parámetros de mantenimiento (no alarmas ni advertencias) ✦ Medir DDM de campo (según lo establecido para instalación) ✦ Verificar estructura del curso en la pista (CATIII) (según lo establecido para instalación)
SEMESTRAL
✦ Revisar los parámetros TX (Transmisión) y registros de suministro del DC () (según lo establecido para instalación e inspección de vuelo) ✦ Controlar la integridad del monitor (cambios/apagados)
ANUAL
✦ Comprobar frecuencia RF ✦ Comprobar frecuencia LF (Baja Frecuencia) ✦ Comprobar formas de onda del transmisor (según indicaciones) ✦ Revisar potencia de salida CSB (Portador y banda lateral) (según lo establecido para instalación) ✦ Verificar los límites de alarma del monitor (según lo establecido para instalación) ✦ Revisar retardo del monitor de campo cercano (como estándar ± 2 segundos) ✦ Realizar mantenimiento de la batería (de acuerdo con especificaciones de la batería) ✦ Contenido armónico 90 y 150 Hz (2%) ✦ Revisión final (inspección visual)

Fuente: *Instruction Manual NORMARC 7011B/7012B - NORMARC 7013B/7014B - NORMARC 7031B/7032B - NORMARC 7033B/7034B ILS.* [30] [31] [32] [33]

Se recomiendan actividades adicionales en mantenimiento en sitio como lo son:

- ✦ Limpiar e inspeccionar el equipo
- ✦ Inspeccionar las baterías (corrosión, grietas, deterioro)
- ✦ Verificar las conexiones de RF y batería según se requiera
- ✦ Verificar los sensores ambientales instalados y equipos conectados al usuario analógico
- ✦ Verificar funcionamiento de los enclavamientos
- ✦ Verificar funcionamiento de controles remotos

Hay algunos aspectos en los que se debe hacer mantenimiento fuera del sitio, para los módulos y placas de circuito los mantenimientos se deben realizar en fábrica o sitios autorizados por la misma, por ningún motivo los módulos serán reparados por el usuario.[30] [31] [32] [33]

Es importante mencionar que durante los mantenimientos periódicos no se realizarán ajustes y/o alineaciones; para los mantenimientos en dichas categorías sugiere realizar actividades en los siguientes periodos (**TABLA 52**):

Tabla 52.Equipo de prueba y actividades de mantenimiento periódico para NORMARC 7011B/7012B ILS CAT I, II, III.

MENSUAL
➤ Equipo de prueba ➤ Conjunto de prueba de campo ILS/analizador NAV con antena portátil ➤ PC con software RMM (Monitor de Mantenimiento Remoto) e impresora ➤ Monitorizar grabaciones de parámetros ➤ (Para CAT III) medir la estructura de alineación del curso con vehículo equipado
SEMESTRAL
➤ Equipo de prueba ➤ Osciloscopio ➤ Cronómetro ➤ PC con RMM e impresora ➤ Inspeccionar parámetros de TX y grabaciones de fuente de alimentación DC, generar informe de los valores y configuraciones medidos. Comparar los valores generados con grabaciones históricas
ANUAL
➤ Equipo de prueba ➤ Pc con NM 7000 RMM ➤ Conjunto de prueba de campo ILS/analizador NAV con atenuador ➤ Osciloscopio ➤ Contador de frecuencia ➤ Generador de señal RF con modulación ILS calibrada ➤ Voltímetro digital ➤ Vatímetro con sonda ➤ Cronómetro ➤ Verificar frecuencia RF ➤ Verificar curso del transmisor de frecuencia ➤ Chequear frecuencia LF ➤ Comprobar las formas de onda del transmisor (SBO, CBS, DDM y SDM) ➤ Verificar modulación de identidad ➤ Potencia de salida CSB ➤ Controlar comprobaciones de límite a alarma ➤ Verificar retraso del monitor de campo cercano

- Mantenimiento de la batería
- Verificar bancos de baterías
- Verificar el voltaje en las terminales
- Control final LLZ (Localizador)
- Verificar que los conectores eléctricos no estén flojos
- Realizar chequeo visual por dentro y por fuera del equipo
- Verificar posición normal de los interruptores

*Fuente: Instruction Manual NORMARC 7011B/7012B - NORMARC 7013B/7014B - NORMARC 7031B/7032B
- NORMARC 7033B/7034B ILS. [30] [31] [32] [33]*

En mantenimiento correctivo se mencionan tareas para reemplazar módulos:

- Realizar informe del monitor y los datos de mantenimiento
- Apagar el sistema
- Cadena ESD (Descargar electrostática) que esté conectada al gabinete ILS
- Reemplazar modulo defectuoso
- Encender sistema
- Realizar ajustes requeridos

ANEXO N. DME INTELKAN SKYNAV N9000

El fabricante recomienda realizar un mantenimiento regular con el fin de garantizar el correcto funcionamiento (mantenimiento preventivo) (TABLA 53), los periodos son semanal, semestral y anual, esto para entornos normales; para cada uno de estos periodos las actividades que se mencionan en los siguientes cuadros contienen el paso a paso para su correcta realización. [34]

Tabla 53. Actividades de mantenimiento periódico para DME INTELKAN SKYNAV N9000

SEMANAL
➤ Verificar la antena de visualización y el shelter ➤ Monitorear las lecturas de estado ➤ Lecturas de estado BITE ➤ Imprimir informe de estado Verificación visual de la condición y estado del sitio, anotar y corroborar los datos, generar informe con RMM.
SEMESTRAL
Revisar: ➤ Espaciado de pulso TX ➤ Potencia máxima TX ➤ PRF (frecuencia de repetición de pulso) TX ➤ Retraso de respuesta
ANUAL
Verificar: ➤ Frecuencia TX e INT (Interrogador) ➤ Identificación ➤ Apagado/cambio

Fuente: Maintenance Manual 02007 DME SKYNAV N9000. [34]

Otros chequeos que se recomiendan semanal o mensual:

- Limpieza del shelter interna y externamente
- Comprobación de la limpieza de las antenas
- Áreas de la antena con césped corto, sin nieve o residuos que afecten la estructura
- Cables y conectores ajustados y sin deterioro o daños
- Baterías sin fugas o con corrosión
- Sensores de monitoreo ambiental funcionando de acuerdo a su diseño

El mantenimiento correctivo se enfoca en las LRU defectuosas, las cuales se identifican rápidamente a través de RMM o en los indicadores del equipo; estas se deben enviar a Intelcan o empresa autorizada para su debida reparación.

Se recomienda mantener un libro con los diferentes registros de mantenimiento que se han realizado (histórico) en el shelter para trazabilidad y verificación, allí se incluirán notas y datos en cada mantenimiento que se ejecute (informe).

A continuación, se enlistan los mantenimientos recomendados, dentro del manual del fabricante se encuentra el procedimiento establecido y/o recomendado para ello:

- ✦ Frecuencia de carga
- ✦ Salida y variación de máxima potencia del transmisor
- ✦ Espectro de salida del transmisor
- ✦ Estado del interrogador
- ✦ Cambio de frecuencia [34]

ANEXO O. ILS INTELCAN N8100-N8200

Para mantenimiento preventivo el fabricante recomienda realizar un mantenimiento regular con el fin de garantizar el correcto funcionamiento (mantenimiento preventivo), los periodos son semanal, mensual, semestral y anual, esto para entornos normales; para cada uno de estos periodos las actividades que se mencionan en los siguientes cuadros contienen el paso a paso para su correcta realización (**TABLA 54**). Las actividades de mantenimiento que se mencionan en el manual aplican para instalaciones Categoría II y III. [35]

Tabla 54.Actividades de mantenimiento periódico para ILS INTELCAN N8100-N8200

SEMANAL
Verificar ➤ Antenas de visualización, FFM (Monitor de Campo Lejano), NFM (Monitor de Campo Cercano), área crítica y shelter ➤ Monitorear las lecturas de estado ➤ Lecturas de estado BITE ➤ Imprimir informe de estado Verificación visual de la condición y estado del sitio, anotar y corroborar los datos, generar informe con RMM
MENSUAL
Chequear ➤ Parámetros COU (Curso) como DDM (Diferencia en la Profundidad de Modulación) y SDM (Suma en profundidad de modulación) del transmisor ➤ Parámetros CLR (Sector de Liquidación) como DDM y SDM ➤ Prueba de campo de LLZ ➤ Alarmas CL (Línea de curso), DS (Sensibilidad de desplazamiento) y CLR Registrar los valores y compararlos.
TRIMESTRAL
Verificar ➤ Estructura del curso (CATIII) ➤ COU CSB (Portador y banda lateral) RF de potencia ➤ COU SBO (banda lateral portadora suprimida) RF de potencia ➤ CLR CSB RF de potencia ➤ CLR SBO RF de potencia (LLZ) Registrar los valores y compararlos.
SEMESTRAL
Revisar: ➤ Voltaje de corriente alterna (CA) ➤ Voltaje de corriente continua (CC) ➤ Voltaje de la batería ➤ Descarga de la batería

Registrar los valores y compararlos con los datos nominales.
ANUAL
Verificar: Transmisión modulación ✦ Frecuencia COU ✦ Frecuencia CLR ✦ Frecuencia COU/CLR DIFF ✦ Frecuencia COU LF ✦ Frecuencia TX CLR LF ✦ Forma de onda de la señal de modulación COU CSB ✦ Forma de onda COU CSB ✦ Sincronización CSB/SBO ✦ Sincronización COU/CLR

Fuente: Maintenance Manual 02001 SKYNAV ILS model N8100-N8200. [35]

En mantenimiento correctivo, las LRU defectuosas se identifican rápidamente a través de RMM o en los indicadores del equipo; estas se deben enviar a Intelcan o empresa autorizada para su debida reparación.

El fabricante recomienda mantener un libro con los diferentes registros de mantenimiento que se han realizado (histórico) en el shelter para trazabilidad y verificación, allí se incluirán notas y datos en cada mantenimiento que se ejecute (informe). [35]

ANEXO P. CVOR 431 MANUAL TÉCNICO PARTE 2 – OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En relación a mantenimiento periódico: las actividades que se mencionan en la **TABLA 55**, según recomendación del fabricante su ejecución debe ser una vez al mes o cada 6 meses.

Tabla 55. Actividades de mantenimiento periódico para CVOR 431 THALES

MENSUAL
Chequear visualmente ➤ Estado del sistema ➤ Frecuencia, identificación de estación del antiguo transmisor maestro ➤ Configuración de transmisores y monitores ➤ Valores del antiguo transmisor maestro y monitores ➤ Función de cambio simulando alarma del monitor y cambiando transmisor maestro ➤ Frecuencia, identificación de estación del nuevo transmisor maestro ➤ Valores del nuevo transmisor maestro y monitores
SEMESTRAL
Verificar: ➤ Curva de error de tierra del antiguo y del nuevo transmisor maestro ➤ Sistema de control remoto, ventana de “alertas” ➤ Baterías de plomo (de manera visual) ➤ Funcionamiento de la batería simulando falla de energía ➤ Limpieza profunda del equipo
ANUAL
Verificar: ➤ Toma de lectura completa de la memoria ➤ Conexiones de los cables RF y demás conexiones

Fuente: Technical Manual Part 2 Operation and Maintenance CVOR 431. [36]

Se deben verificar visualmente estas partes del sistema buscando el hallazgo de daños:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Shelter ➤ Contrapeso, radomo de antena, mástil y cables ➤ Valla de la estación | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ajuste de todas las conexiones de cable RF (anual) ➤ Ajuste hermético de las conexiones atornilladas (anual) |
|--|---|

Para ejecutar las actividades de mantenimiento se recomienda el uso de instrumentos de medición como:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Computadora ➤ Auriculares (600 ohmios, conector de 3,5 mm) ➤ Dipolo de campo portátil | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia RF de terminación (50 ohmios, 1W) ➤ Multímetro ➤ Equipo de mantenimiento de batería [36] |
|---|--|

ANEXO Q. DME 415/435 RPM MANUAL TÉCNICO N° 62054059-EN VOLUMEN 1 – DESCRIPCION, INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En mantenimiento y solución de problemas, según varios clientes del fabricante sugieren ejecutar la prueba de mantenimiento periódico una vez cada dos años. Además, contiene información (recomendaciones, procedimientos) sobre la solución de problemas que se pueden presentar, como solución de la unidad RPM, reemplazo de módulos y calibraciones.

Los BITE se ejecutan con una PC:

- Los parámetros medidos en el monitoreo ejecutivo y verificación de rutina, también se pueden medir usando el menú CHECKS.
- El operador también puede realizar pruebas preestablecidas para crear pruebas especiales no proporcionadas por el sistema para controles característico.
- Antes de iniciar un procedimiento de mantenimiento ordinario, se importante analizar posibles alarmas o condiciones de advertencia de la última intervención, esto con el fin de ejecutar controles más específicos sobre estos síntomas.
- Para finalizar imprimir el ultimo control de rutina y los datos de las medidas realizadas a fin de compararlos con datos históricos y los de instalación.

Para el caso del shelter, aire acondicionado y batería según el mantenimiento definido por el fabricante, se recomienda realizar:

- *Mantenimiento ordinario general:* revisar que el equipo esté apagado antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento general.
- *Limpieza:* limpiar el exterior e interior del shelter, del gabinete (aspiradora). Indica con que elementos se recomienda realizar la limpieza.

Herramientas necesarias para la realización de los mantenimientos son:

- | | |
|---|-------------------------------|
| ➤ Computador personal, conexión de cables, impresora, conectores, adaptadores | ➤ Multímetro |
| ➤ Osciloscopio dual | ➤ Medidor de potencia máxima |
| | ➤ Contador de tiempo |
| | ➤ Analizador de espectro [37] |

ANEXO R. ILS 420 GLIDE PATH 422 MANUAL TÉCNICO 83140 55625 PARTE 2 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Recomienda el uso de los siguientes instrumentos de medición para los mantenimientos en sitio:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ PC de escritorio o portátil ➤ Conjunto de prueba ILS (Receptor ILS portátil-PIR) ➤ Multímetro | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Contador y generador de frecuencia ➤ Analizador de espectro ➤ Equipo de mantenimiento de batería [38] |
|---|---|

Mantenimiento preventivo:

Periódico: Para ILS CAT.III se recomiendan las siguientes actividades de mantenimiento con frecuencias definidas (**TABLA 56**), las cuales dentro del manual de ese fabricante se encuentran descritas en un paso a paso de como ejecutarlas:

Tabla 56.Actividades de mantenimiento periódico para ILS 420 THALES

SEMANAL
Verificar: ➤ Estado del sistema, inspección visual de la antena ➤ Alineación y cambio del curso ➤ Sensibilidad de desplazamiento y de monitoreo ➤ Para LLZ, reducción de holgura ➤ Reducción monitoreo de potencia ➤ Tiempo total de apagado cuando la radiación está fuera de tolerancia
TRIMESTRAL
Comprobar: ➤ Marcar el espacio libre de recorrido ➤ Configuración de los parámetros de los transmisores ➤ Potencia de salida y alarma de potencia ➤ Para el sistema de control remoto: ventana de alertas para ver mensaje de alerta ➤ Funcionamiento de la batería simulando falla de energía ➤ Limpieza profunda
SEMESTRAL (obligatorio)
Inspeccionar: ➤ Circuitos de apagado y lógicas de control ➤ Con función de enclavamiento: control de apagado de enclavamiento de la ECU ➤ Función MIT ➤ Baterías de plomo (incluye voltaje)
ANUAL
Chequear:

- Frecuencia de la portadora de sintetizador
- Señales del transmisor respecto a otros parámetros
- Toma de lectura completa de los parámetros
- Daños: conexiones de cable RF, piezas mecánicas

Fuente: *Technical Manual Volume 1 Description, Installation, Operation, Maintenance DME 415/435 RPM.*
[38]

Normal: dentro de esta categoría de mantenimiento se encuentran procedimientos e información para sustitución de baterías de litio, comprobaciones de voltaje de batería de emergencia, incluye precauciones de seguridad para tener en cuenta.

Mantenimiento correctivo: Contiene datos e instrucciones para la localización de fallas para los elementos que conforman el ILS, reparaciones que están diseñadas para restaurar las condiciones del sistema en el menor tiempo posible reemplazando el conjunto defectuoso, este conjunto se recomienda enviar al fabricante para su reparación o devolución. Cabe resaltar que es de importancia realizar pruebas después de la reparación y verificar que los parámetros se encuentren dentro de los límites estándares. Se nombra reparaciones para componentes que contienen cerámica de óxido de berilio, manejo de las baterías de plomo, paradas del procesador, fallas en el monitor, fallas en el transmisor, sustitución de subconjuntos, sustitución de antena GP (Sendero de Planeo), entre otras [38].

**ANEXO S. FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE INGRESO A ESTACIONES AERONÁUTICAS,
AEROPUERTOS Y DEPENDENCIAS TÉCNICAS**

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: 4200.250	FORMATO	
	AUTORIZACIÓN DE INGRESO A ESTACIONES AERONÁUTICAS, AEROPUERTOS Y DEPENDENCIAS TÉCNICAS DE LA AERONÁUTICA CIVIL	

FECHA SOLICITUD:				Estación a ingresar:			
	DIA	MES	AÑO				
1. En condiciones normales o de no contingencia, se debe diligenciar este formato mínimo tres (03) días calendario antes del ingreso solicitado. Este formato en ningún caso tendrá fecha posterior a la intervención. 2. En las "ACTIVIDADES A REALIZAR" se deben listar todas las actividades, especificando si se intervendrán equipos que están o no operativos, o nuevas instalaciones. (Si la intervención es a largo plazo, se debe anexar el cronograma aprobado por la dependencia pertinente de la UAEAC). 3. Para ingresar a la estación, se debe presentar este formato diligenciado y con las firmas de autorización, al funcionario encargado de la misma para su registro y control. "Sin este formato no se podrá ingresar a la estación". 4. Para el ingreso del personal y de los vehículos de apoyo, se deben presentar los respectivos documentos de identificación, de lo cual deberá quedar registro en la bitácora de la estación. 5. Personal que puede acceder a la estación sin diligenciar este formato: • Jefe y funcionarios de Soporte responsables de la estación. • Directivos de la UAEAC, coordinadores de grupo e Inspectores a los Servicios de Navegación Aérea, mientras no vayan a intervenir ningún equipo de la estación.							
INFORMACIÓN DEL RESPONSABLE DE ESTA SOLICITUD							
SOLICITANTE				NOMBRE Y CARGO DEL SERVIDOR PÚBLICO RESPONSABLE DEL INGRESO DEL PERSONAL Y DE LA INTERVENCIÓN			
FECHA INICIO INTERVENCIÓN:	DIA	MES	AÑO	FECHA FINALIZACIÓN INTERVENCIÓN:	DIA	MES	AÑO
ACTIVIDADES A REALIZAR							
1.							
2.							
3.							
PERSONAL QUE INGRESARÁ (UAEAC y Externos)							
NOMBRES Y APELLIDOS				CEDULA		EMPRESA	
SERVIDORES PÚBLICOS QUE AUTORIZAN							
Coordinador Grupo Soporte Regional				Director de Telecomunicaciones o Coordinador Grupo			

OBSERVACIONES: Especificar número de contrato, placas del vehículo, modelo, marca y color (si aplica), celular de contacto y e-mail.

ANEXO T. FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA DME

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: XXXX.250.1	FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA DME
---	---

PARTE 1

DATOS GENERALES DEL SITIO

Fecha de Inspección : dd/mm/aaaa.
 Nombre de la Estación : _____
 Marca y Modelo del Equipo : _____
 CPU Software : _____
 Tipo de Sistema : _____ L POWER: _____ H POWER: _____
 Tipo de Antena : _____
 Frecuencia Transponder : _____ MHz
 Canal de transmisión : _____ MHz
 Frecuencia de Interrogación : _____ MHz
 Identificación : _____

PARTE 2

MEDICIÓN DE PARAMETROS

PARTE 2A

MEDIDAS BÁSICAS

1. Sistema de Tierra. : _____ (Ohmios)
2. Voltaje de línea A.C. : _____ (Voltios AC)
3. Voltaje en la BCPS. : _____ (Voltios DC)

	Nominal	TX #1	TX #2
4. Valores de voltajes DC. :	_____	_____	_____
_____ :	_____	_____	_____
_____ :	_____	_____	_____
_____ :	_____	_____	_____
5. Voltaje de Baterías. (Full Carga) :	_____	_____	_____
(Voltios) :	_____	_____	_____

PARTE 2B

MEDIDAS ESPECÍFICAS

	TX #1	TX #2
6. Frecuencia de Transmisor :	_____ (MHz)	_____ (MHz)
7. Frecuencia de Receptor :	_____ (MHz)	_____ (MHz)
8. Tiempo de Subida de pulso :	_____ (s)	_____ (s)
9. Duración de pulso :	_____ (s)	_____ (s)
10. Tiempo de Bajada de pulso :	_____ (s)	_____ (s)
11. Potencia de Salida :	_____ (Watts)	_____ (Watts)
12. Frecuencia repetición Pulsos :	_____	_____ (PRF)

CONTINUACIÓN FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA DME

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: XXXX.250.1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="background-color: #e0e0e0;">FORMATO</th> </tr> <tr> <td style="height: 100px; vertical-align: middle;"> INSPECCIÓN EN TIERRA DME </td> </tr> </table>	FORMATO	INSPECCIÓN EN TIERRA DME
FORMATO			
INSPECCIÓN EN TIERRA DME			

- | | | | | |
|---------------------------------|---|-----------|--|-----------|
| 13. Eficiencia | : | _____ (%) | | _____ (%) |
| 14. Espaciamento entre impulsos | : | _____ (s) | | _____ (s) |
| 15. Retardo de respuesta | : | _____ (s) | | _____ (s) |

MONITOREO DE ALARMAS

- | | | MON #1 | | MON #2 |
|----------------------------------|---|--------|--|--------|
| 16. Nivel de potencia | : | _____ | | _____ |
| 17. Retardo | : | _____ | | _____ |
| 18. Espaciamento | : | _____ | | _____ |
| 19. Squitter | : | _____ | | _____ |
| 20. Pérdida de la Identificación | : | _____ | | _____ |

PARTE 3

INSPECCIÓN VISUAL

- | | | (OK, DET, N/A) | | Comentario |
|-------------------------------|---|----------------|--|------------|
| 21. Sistema de Antena | : | _____ | | _____ |
| 22. Área libre de obstáculos | : | _____ | | _____ |
| 23. Líneas de Tensión | : | _____ | | _____ |
| 24. Luces de Obstrucción | : | _____ | | _____ |
| 25. Estado Caseta | : | _____ | | _____ |
| 26. Iluminación Exterior | : | _____ | | _____ |
| 27. Iluminación Interior | : | _____ | | _____ |
| 28. Rack de Equipos | : | _____ | | _____ |
| 29. Tableros Eléctricos | : | _____ | | _____ |
| 30. Protector de Descarga DPS | : | _____ | | _____ |
| 31. Acometidas Eléctricas | : | _____ | | _____ |
| 32. Acometidas de RF | : | _____ | | _____ |
| 33. Aire Acondicionado #1 | : | _____ | | _____ |
| 34. Aire Acondicionado #2 | : | _____ | | _____ |
| 35. Medio de Comunicación | : | _____ | | _____ |
| 36. Control de Estado Remoto | : | _____ | | _____ |
| 37. Estado Remoto | : | _____ | | _____ |

PARTE 4

SEGURIDAD

38. Realizar Copia de Respaldo.
39. Imprimir o Guardar los datos de las pantallas principales.
40. Incluir archivo fotográfico si es necesario

Observaciones:	
-----------------------	--

ANEXO U. FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA ILS

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: XXXX.250.1	FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA ILS
---	--

PARTE 1

DATOS GENERALES DEL SITIO

Fecha de Inspección : dd/mm/aaaa
 Nombre del Aeropuerto : _____
 Ciudad : _____
 Angulo de la Senda de planeo : _____°
 Marca y Modelo del Equipo : _____
 Tipo de Equipo : Monofrecuente: _____ Bifrecuente: _____
 Tipo de Antenas : _____
 Código de Identificación : _____
 Frecuencia de transmisión : _____ (MHZ)
 CPU Software : _____ Versión: _____

PARTE 2

MEDICIÓN DE PARÁMETROS

PARTE 2 A

Medidas Básicas

1. Sistema de Tierra	: _____	(Ohmios)	
2. Voltaje de línea AC	: _____	(Volts)	
	Nominal	TX #1	TX #2
3. Valores de voltajes	: _____	_____	_____
	: _____	_____	_____
	: _____	_____	_____
	: _____	_____	_____
4. Voltaje de Baterías (Full Carga en Voltios)	: _____	_____	_____

PARTE 2B

Transmisor de Curso

	<u>TX #1</u>	<u>TX #2</u>	
5. Potencia CSB de salida, Directa	: _____	_____	(Watts)
6. Potencia CSB de salida, Reflejada	: _____	_____	(Watts)
7. Frecuencia de Transmisión	: _____	_____	(MHZ)
Tolerancia: Frecuencia de la estación + 4KHz +/- 0.005%			
8. Potencia Directa Banda lateral	: _____	_____	(Watts)
9. Potencia Reflejada Banda lateral	: _____	_____	(Watts)
10. Porcentaje de modulación 90 Hz	: _____	_____	(%) 39-41%
11. Frecuencia de 90 Hz	: _____	_____	(Hz)

CONTINUACIÓN FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA ILS

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: XXXX.250.1	FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA ILS
---	---

- | | | | | |
|-------------------------------------|---|-------|-------|------------|
| 12. Porcentaje de modulación 150 Hz | : | _____ | _____ | (%) 39-41% |
| 13. Frecuencia de 150 Hz | : | _____ | _____ | (Hz) |
| 14. Balance de los tonos de MOD | : | _____ | _____ | (DDM) |
| RQMT: < 0.02 DDM | | | | |
| 15. SDM 79.00 to 81.00 | : | _____ | _____ | |

PART 2C

Clearance Transmitter

TX #1

TX #2

- | | | | | |
|--|---|-------|-------|------------|
| 16. Potencia CSB de salida, Directa | : | _____ | _____ | (Watts) |
| 17. Potencia CSB de salida, Reflejada | : | _____ | _____ | (Watts) |
| 18. Frecuencia de Transmisión | : | _____ | _____ | (MHz) |
| Tolerancia: Frecuencia de la estación - 4 KHz +/- 0.005% | | | | |
| 19. Porcentaje de modulación 90 Hz | : | _____ | _____ | (%) 39-41% |
| 20. Frecuencia de 90 Hz | : | _____ | _____ | (Hz) |
| 21. Porcentaje de modulación 150 Hz | : | _____ | _____ | (%) 39-41% |
| 22. Frecuencia de 150 Hz | : | _____ | _____ | (Hz) |

PARTE 2D

Chequeo de Alarmas

TX #1

TX #2

Alarma Ancha

Potencia de Banda Lateral

: _____

Width DDM

: _____

Alarma Angosta

Potencia de Banda Lateral

: _____

Width DDM

: _____

Alarma de Eje 150Hz

Configuracion DDM

: _____

Alarma de Eje 90Hz

Configuracion DDM

: _____

Alarma de Potencia

: _____

PARTE 3

INSPECCIÓN VISUAL

CHEQUEO
(OK/DET/N.A.)

COMENTARIOS

- | | | | |
|---------------------------------------|---|-------|-------|
| Sistema de Antena | : | _____ | _____ |
| Interior de la Caseta | : | _____ | _____ |
| (Humedad, temperatura, limpieza etc.) | : | _____ | _____ |

CONTINUACIÓN FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA ILS

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: XXXX.250.1	FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA ILS
---	--

Verificación Obstáculos, líneas MT	:		
Rack de Equipos	:		
Acometidas Eléctricas	:		
Tablero Eléctrico	:		
Protección Descargas (DPS)	:		
Acometidas de RF	:		
Aire Acondicionado # 1	:		
Aire Acondicionado # 2	:		
Sistema de Monitoreo y Control Remoto	:		
Sistemas de Status Remoto	:		
Medio de transmisión	:		

PARTE 4 SEGURIDAD

23. Realizar Copia de Respaldo.
24. Imprimir o Guardar los datos de las pantallas principales.

Observaciones:	

	Inspector en Tierra	V.B. Jefe Soporte Técnico Regional	V.B. Jefe Grupo Ayudas a la Navegación Aérea
Firma / sello			
Nombre			
C.C.			
Cargo			

ANEXO V. FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA VOR

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: XXXX.250.1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="background-color: #d3d3d3;">FORMATO</th> </tr> <tr> <td style="height: 100px; vertical-align: middle;"> INSPECCIÓN EN TIERRA VOR </td> </tr> </table>	FORMATO	INSPECCIÓN EN TIERRA VOR
FORMATO			
INSPECCIÓN EN TIERRA VOR			

PARTE 1

DATOS GENERALES DEL SITIO

Fecha de Inspección : dd/mm/aaaa.
 Nombre de la Estación : _____
 Marca y Modelo del Equipo : _____
 CPU Software : _____
 Tipo de Sistema : _____ CVOR: _____ DVOR: _____
 Frecuencia de transmisión : _____ MHz
 Identificación : _____

PARTE 2

MEDICIÓN DE PARÁMETROS

PARTE 2A

MEDIDAS BÁSICAS

1. Sistema de Tierra : _____ (Ohmios)
2. Voltaje de línea A.C. : _____ (Voltios AC)
3. Voltaje en la BCPS : _____ (Voltios DC)

TX #1

TX #2

- | | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------|-------|
| 4. Valores de voltajes DC | : + 5 V | _____ | _____ |
| | : +12 V | _____ | _____ |
| | : -12 V | _____ | _____ |
| | : +28 V | _____ | _____ |
| | : +48 V | _____ | _____ |
| 5. Voltaje de Baterías (Full Carga) | : (Voltios) | _____ | _____ |

PARTE 2B

MEDIDAS ESPECÍFICAS

- | | | | |
|--------------------------------|---|-------------|-------------|
| | | TX #1 | TX #2 |
| 6. Rotación correcta (SI o NO) | : | _____ | _____ |
| 7. Frecuencia de Portadora | : | _____ (MHz) | _____ (MHz) |
| 8. Frecuencia de 30Hz | : | _____ (Hz) | _____ (Hz) |
| 9. Frecuencia de 9960Hz | : | _____ (Hz) | _____ (Hz) |
| 10. Chequeo de tierra | : | _____ | _____ |

CONTINUACIÓN FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA VOR

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: XXXX.250.1	FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA VOR
---	---

11. Potencia portadora, Directa	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
12. Potencia portadora, Reflejada	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
13. Potencia de BL1, Directa	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
14. Potencia de BL1, Reflejada	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
15. Potencia de BL2, Directa	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
16. Potencia de BL2, Reflejada	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
17. Potencia de BL3, Directa	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
18. Potencia de BL3, Reflejada	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
19. Potencia de BL4, Directa	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
20. Potencia de BL4, Reflejada	:	_____ (Watts)	_____ (Watts)
21. Desviación FM	:	_____ %	_____ %
22. Profundidad de Modulación 9960	:	_____ %	_____ %
23. Profundidad de Modulación 30Hz	:	_____ %	_____ %
24. Profundidad de Mod. Identificación	:	_____ %	_____ %

MONITOREO DE ALARMAS

		MON #1	MON #2
25. Mod. 30 Hz Alarma Baja	:	_____	_____
26. Mod. 30 Hz Alarma Alta	:	_____	_____
27. Mod. 9960Hz Alarma Baja	:	_____	_____
28. Mod. 9960 Hz Alarma Alta	:	_____	_____
29. Desviación FM Alarma Baja	:	_____	_____
30. Desviación FM Alarma Alta	:	_____	_____
31. Pérdida de la Identificación	:	_____	_____
32. Nivel bajo de Potencia	:	_____	_____
33. Azimut +/- 1°	:	_____	_____

PARTE 3

LISTA DE CHEQUEO INSPECCIÓN VISUAL

	(OK, DET, N/A)	Comentario
34. Sistema de Antena	:	_____
35. Área libre de obstáculos	:	_____
36. Líneas de Tensión	:	_____
37. Luces de Obstrucción	:	_____
38. Estado Caseta	:	_____
39. Iluminación Exterior	:	_____
40. Iluminación Interior	:	_____
41. Rack de Equipos	:	_____

CONTINUACIÓN FORMATO INSPECCIÓN EN TIERRA VOR

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL Principio de Procedencia: XXXX.250.1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #f2f2f2;"> <th style="padding: 5px;">FORMATO</th> </tr> <tr> <td style="padding: 20px;"> INSPECCIÓN EN TIERRA VOR </td> </tr> </table>	FORMATO	INSPECCIÓN EN TIERRA VOR
FORMATO			
INSPECCIÓN EN TIERRA VOR			

- | | | |
|-------------------------------|---|--|
| 42. Tableros Eléctricos | : | |
| 43. Protector de Descarga DPS | : | |
| 44. Acometidas Eléctricas | : | |
| 45. Acometidas de RF | : | |
| 46. Aire Acondicionado #1 | : | |
| 47. Aire Acondicionado #2 | : | |
| 48. Medio de Comunicación | : | |
| 49. Control de Estado Remoto | : | |
| 50. Estado Remoto | : | |

PARTE 4 **SEGURIDAD**

51. Realizar Copia de Respaldo.
52. Imprimir o Guardar los datos de las pantallas principales.
53. Incluir archivo fotográfico si es necesario

Observaciones:	

	Inspector en Tierra	V.B. Jefatura Soporte Técnico Regional	V.B. Jefe Grupo Ayudas a la Navegación Aérea
Firma/Sello			
Nombre			
C.C.			
Cargo			

ANEXO W. FORMATO LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DME

LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SISTEMA DME							
ESTACIÓN		SISTEMA		MODELO / SERIE		FECHA ANTERIOR INTERVENCIÓN	DD / MM / AAAA
FECHA INTERVENCIÓN		DD / MM / AAAA	PERIODICIDAD DE VISITA	☐ Trimestral ☐ Semestral ☐ Anual			
REGISTRO DE PARÁMETROS							
Tx 1		Tx 2					
Frecuencia							
Potencia							
ACTIVIDADES TRIMESTRALES							
N°	ACTIVIDAD	¿EJECUTADA?		HALLAZGOS		OBSERVACIONES	
		SI	NO	SI	NO		
INSPECCIÓN FUNCIONAMIENTO							
1	Verificar que NO existan alarmas en el indicador de estados.						
2	Verificar el número de conteo de reprocesos (recycling).						
3	Verificar que la lectura de parámetros sean los correctos						
4	Verificar el estado operativo del aire acondicionado.						
5	Verificar el retardo del sistema y el espacio entre pulsos.						
6	Seleccionar los equipos uno y dos como principales en antena.						
7	Generar registro de todo lo efectuado y del estado de los sistemas.						
INSPECCIÓN EXTERNA							
Del Sitio							
8	Verificar que el lugar se encuentre esté libre de obstáculos que puedan afectar el funcionamiento normal del DME						
9	Revisar el shelter por dentro y por fuera con el fin de identificar signos de filtración de agua, daños o deterioro.						
10	Chequear el estado del aire acondicionado, iluminación del shelter, enchufes eléctricos, pararrayos, etc.						
De la Antena							
11	Verificar estabilidad de la antena						
12	Inspeccionar las conexiones de cable a tierra (que estén seguras y en buen estado)						
13	Revisar los cables y conectores RF (roturas, grietas, corrosión)						
14	Comprobar que los conectores estén sujetos e inspeccionar las demás partes de antena (daños, infestación)						
Del Equipo							
15	Revisar los arneses de cables de interconexión, cables coaxiales y conectores (corrosión, grietas, roturas, quemaduras)						
16	Verificar que los conectores RF estén apretados						
17	Comprobar funcionamiento funcional de todas las indicaciones presionando botón LAMP TEST.						
De la Batería de Unidad de Respaldo							
18	Colocar los breakers de circuito DC en la posición de OFF.						
19	Si se tiene una caja de batería externa, retire la tapa; sino abra la puerta trasera del gabinete DME.						
20	Inspeccionar el estado de la batería y los conectores y cables (grietas, roturas, quemaduras, corrosión).						
21	Limpiar el área de la batería						
22	Cerrar la tapa de la batería y colocar los breakers de circuito DC en la posición ON.						

CONTINUACIÓN FORMATO LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DME

LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SISTEMA DME						
ESTACIÓN		SISTEMA		MODELO / SERIE		FECHA ANTERIOR INTERVENCIÓN
	FECHA INTERVENCIÓN	DD / MM / AAAA	PERIODICIDAD DE VISITA	Trimestral		DD / MM / AAAA
				Semestral		
				Anual		
REGISTRO DE PARÁMETROS						
	Tx 1	Tx 2				
Frecuencia						
Potencia						
ACTIVIDADES SEMESTRALES						
N°	ACTIVIDAD	¿EJECUTADA?		HALLAZGOS		OBSERVACIONES
		SI	NO	SI	NO	
1	Realizar los trabajos que se hacen trimestralmente.					
Mantenimiento de Ventiladores y Filtros de Aire						
2	Abrir puerta trasera del gabinete DME, inspeccionar filtro de aire del panel lateral derecho					
3	Limpiar filtro de aire, sacudir suciedad y residuos sueltos					
4	Lavar el filtro					
5	Secar el filtro completamente.					
ACTIVIDADES ANUALES						
N°	ACTIVIDAD	¿EJECUTADA?		HALLAZGOS		OBSERVACIONES
		SI	NO	SI	NO	
1	Realizar los trabajos que se hacen trimestralmente y semestralmente					
2	Verificar señales del conector de prueba en los módulos.					
3	Ejecutar transferencia automática.					
4	Verificar el rendimiento del pulso del transmisor					
5	Verificar rendimiento de salida de potencia del transmisor					
6	Verificar rendimiento de la demora de respuesta del transpondedor					
7	Verificar rendimiento de la identificación de frecuencia					
8	Supervisar la verificación del rendimiento de la integridad de la alarma					
9	Verificar el rendimiento de la fuente de alimentación y de la batería					
10	Comprobación de daños					
11	Chequear condiciones de los cables conectados a cada dispositivo.					
12	Generar registro de todo lo efectuado y del estado de los sistemas					

FIRMA TÉCNICO

Nombre:

C.C. / Código:

ANEXO X. FORMATO LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO VOR

LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SISTEMA VOR							
ESTACIÓN		SISTEMA		MODELO / SERIE		FECHA ANTERIOR INTERVENCIÓN	DD / MM / AAAA
	FECHA INTERVENCIÓN N	DD / MM / AAAA	PERIODICIDAD DE VISITA	Trimestral Semestral Anual			
REGISTRO DE PARÁMETROS							
Frecuencia		Tx 1	Tx 2				
Potencia							
ACTIVIDADES TRIMESTRALES							
N°	ACTIVIDAD	¿EJECUTADA?		HALLAZGOS		OBSERVACIONES	
		SI	NO	SI	NO		
INSPECCIÓN FUNCIONAMIENTO							
1	Inspeccionar el entorno del sitio						
2	Limpiar los filtros de aire						
3	Comprobar potencia de salida del portador						
4	Verificar la identificación de la estación						
5	Verificar la antena VSWR						
6	Comprobar transferencia de la batería de respaldo						
7	Comprobar transferencia automática						
8	Reasignar transmisores principales/en espera						
INSPECCIÓN EXTERNA							
Del Sitio							
9	Verificar que el lugar se encuentre esté libre de obstáculos que puedan afectar el funcionamiento normal del VOR						
10	Revisar el shelter por dentro y por fuera con el fin de identificar signos de filtración de agua, daños o deterioro.						
11	Chequear el estado del aire acondicionado, iluminación del shelter, enchufes eléctricos, pararrayos, etc.						
12	Verificar y eliminar acumulaciones de escombros en las antenas y del contrapeso.						
De la Antena							
13	Asegurar que los dos transmisores VOR estén apagados						
14	Verificar que las antenas VOR estén dentro de los radomos de fibra de vidrio						
15	Inspeccionar las áreas de acoplamiento de los radomos donde estos interactúan con la base del mismo o donde estos interactúan con las antenas, verificar fuga de agua o deterioro. (reparar según sea necesario)						
16	Inspeccionar la antena (deterioro por agua, cables de entrada y conectores con grietas o corrosión)						
17	Revisar contrapeso (deterioro), verificar conexión eléctrica entre los segmentos del contrapeso y las conexiones a tierra						
18	Reemplazar las cubiertas del radomo de la antena						
Del Equipo							
19	Revisar los arneses de cables de interconexión, cables coaxiales y conectores (corrosión, grietas, roturas, quemaduras)						
20	Verificar que los conectores RF estén apretados						
21	Inspeccionar los equipos periféricos conectados al VOR (PMDT, impresora, etc.)						
22	Revisar los indicadores del panel frontal y asegurarse de que estos son normales						
23	Chequear, limpiar, lavar, secar los filtros de aire VOR						
De la Batería de Unidad de Respaldo							
24	Colocar los breakers automáticos de la caja de baterías en la posición de OFF.						
25	Retirar la tapa de la caja de baterías, inspeccionar el estado de la batería y los conectores y cables (grietas, roturas, quemaduras, corrosión).						
26	Limpiar el área de la batería						
27	Cerrar la tapa de la batería y colocar los breakers en la posición ON.						

CONTINUACIÓN FORMATO LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO VOR

LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SISTEMA VOR						
ESTACIÓN		SISTEMA		MODELO / SERIE		FECHA ANTERIOR INTERVENCIÓN DD / MM / AAAA
	FECHA INTERVENCIÓN N	DD / MM / AAAA	PERIODICIDAD DE VISITA	Trimestral Semestral Anual		
REGISTRO DE PARÁMETROS						
	Tx 1	Tx 2				
Frecuencia						
Potencia						
ACTIVIDADES SEMESTRALES						
N°	ACTIVIDAD	¿EJECUTADA?		HALLAZGOS		OBSERVACIONES
		SI	NO	SI	NO	
1	Realizar los trabajos que se hacen trimestralmente.					
2	Inspeccionar la batería de respaldo					
3	Comprobar frecuencia de la portadora					
4	Comprobar frecuencia de funcionamiento					
ACTIVIDADES ANUALES						
N°	ACTIVIDAD	¿EJECUTADA?		HALLAZGOS		OBSERVACIONES
		SI	NO	SI	NO	
1	Realizar los trabajos que se hacen trimestralmente y semestralmente					
2	Verificar calibración del vatímetro BITE					
3	Verificar la calibración del contador de frecuencia BITE					
4	Revisar calibración de BITE VSWR					
5	Comprobar batería en CPU CCA					
6	Inspección del sistema de antena y radomo					
7	Inspeccionar la antena del monitor de campo					

FIRMA TÉCNICO

Nombre: _____
 C.C. / Código: _____

ANEXO Y. FORMATO LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO ILS

LISTA DE VERIFICACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SISTEMA ILS							
ESTACIÓN		SISTEMA		MODELO / SERIE		FECHA ANTERIOR INTERVENCIÓN	DD / MM / AAAA
	FECHA INTERVENCIÓN	DD / MM / AAAA	PERIODICIDAD DE VISITA	Trimestral	Semestral		
				Anual			
REGISTRO DE PARÁMETROS							
Tx 1		Tx 2					
Frecuencia							
Potencia							
ACTIVIDADES TRIMESTRALES							
N°	ACTIVIDAD	¿EJECUTADA?		HALLAZGOS		OBSERVACIONES	
		SI	NO	SI	NO		
INSPECCIÓN FUNCIONAMIENTO							
1	Realizar verificación de terreno						
2	Chequear los puntos de alarma del monitor						
3	Verificar la función de apagado de monitor						
4	Revisar los parámetros del monitor						
5	Comprobar porcentaje de modulación CSB						
6	Comprobar porcentaje de modulación CSB						
ACTIVIDADES SEMESTRALES							
N°	ACTIVIDAD	¿EJECUTADA?		HALLAZGOS		OBSERVACIONES	
		SI	NO	SI	NO		
1	Realizar los trabajos que se hacen trimestralmente.						
2	Revisar los parámetros TX (Transmisión) y registros de suministro del DC (I) (según lo establecido para instalación e inspección de vuelo)						
3	Controlar la integridad del monitor (cambios/apagados)						
4	Verificar voltaje de corriente alterna (CA)						
5	Revisar voltaje de corriente continua (CC)						
6	Voltaje de la batería						
7	Descarga de la batería						
ACTIVIDADES ANUALES							
N°	ACTIVIDAD	¿EJECUTADA?		HALLAZGOS		OBSERVACIONES	
		SI	NO	SI	NO		
1	Realizar los trabajos que se hacen trimestralmente y semestralmente						
2	Medir frecuencias						
3	Comprobar la fase de audio						
4	Verificar tiempos de demora						
5	Inspeccionar reinicio automático/reiniciar						
6	Revisar banda lateral nula						
7	Chequear monitor en espera						
8	Comprobar frecuencia RF y LF						
9	Comprobar formas de onda del transmisor (según indicaciones)						
10	Revisar potencia de salida CSB (Portador y banda lateral) (según lo)						
11	Verificar los límites de alarma del monitor (según lo establecido para)						
12	Realizar mantenimiento de la batería (de acuerdo con especificaciones)						
13	Verificar que los conectores eléctricos no estén flojos						
14	Realizar chequeo visual final por dentro y por fuera del equipo						
15	Verificar posición normal de los interruptores						

FIRMA TÉCNICO

Nombre:
C.C. / Código:

ANEXO Z. FORMATO HISTORIAL DE MANTENIMIENTO DE RADIOAYUDAS

MODELO FORMATO HISTORIAL DE MANTENIMIENTO EQUIPOS DE RADIOAYUDAS					
ESTACIÓN		SISTEMA		MODELO / SERIE	
FECHA INTERVENCIÓN	DD / MM / AAAA	TIPO DE INTERVENCIÓN	Mantenimiento Preventivo	FECHA ANTERIOR INTERVENCIÓN	DD / MM / AAAA
			Mantenimiento Correctivo		
			Otro. ¿Cuál? _____		
DESCRIPCIÓN MOTIVO DE INTERVENCIÓN					
DESCRIPCIÓN DE ACCIONES EJECUTADAS					
EQUIPO DE PRUEBA UTILIZADO					
REPUESTOS UTILIZADOS					
OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES					¿Queda operativo el equipo?
					SI
					NO
					Con restricciones

FIRMA TÉCNICO

 Nombre:
 C.C. / Código:

ANEXO A1. FORMATO MINUTA DE MANTENIMIENTOS DE RADIOAYUDAS

MINUTA DE MANTENIMIENTOS EQUIPOS DE RADIOAYUDAS					
ESTACIÓN		SISTEMA		MODELO / SERIE	
<i>REGISTRO DE MANTENIMIENTOS</i>					
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA FIN	ESTADO DEL SISTEMA *	FIRMA

* Operativo, Operativo con restricciones, Fuera de servicio

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, “Misión, Visión y Objetivos,” 2019. <http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/mision> (accessed Jun. 11, 2019).
- [2] ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL, *Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional - Telecomunicaciones aeronáuticas Volumen II*, Séptima. Montreal, 2016.
- [3] Grupo de Aviación de Caza, “Radioayudas,” 2015. https://www.simbolicodecaza.org/index.php?option=com_content&view=article&id=259:radioayudas&catid=55:aviacion-jueves&Itemid=194 (accessed Aug. 05, 2019).
- [4] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, “R A C 19,” 2012. [http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC_19_-_Telecomunicaciones Aeronáuticas.pdf](http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC_19_-_Telecomunicaciones_Aeronauticas.pdf) (accessed May 09, 2019).
- [5] International Civil Aviation Organization, *Doc 8071 Manual on Testing of Radio Navigation Aids*, Quinta., vol. III. Montreal, 2018.
- [6] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, *MAINTENANCE OF INSTRUMENT LANDING SYSTEM (ILS) FACILITIES*. 1999.
- [7] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, “LA REGLAMENTACIÓN AERONÁUTICA DE COLOMBIA Y SU ARMONIZACIÓN CON LOS REGLAMENTOS AUERONÁUTICOS LATINOAMERICANOS -LAR,” 2019. [http://aea.net/colombia/pdf/2019/E_Rivera_-_ARMONIZACION LAR. 2019-1 REDISENADA.pdf](http://aea.net/colombia/pdf/2019/E_Rivera_-_ARMONIZACION_LAR_2019-1_REDISENADA.pdf) (accessed Jun. 14, 2019).
- [8] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, “CIRCULAR NORMALIZADA No 036 Guía para la Gestión de Mantenimiento Sistemas Operacionales.” Bogotá, p. 25, 2016.
- [9] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, “CIRCULAR NORMALIZADA No. 050 Guía para la Gestión Atención y Mantenimiento de Estaciones Aeronáuticas.” Bogotá, p. 6, 2011.

- [10] Ministerio de Transporte - Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, "Resolución Número 00716 Por la cual se establecen las Inspecciones de los Sistemas de Radioayudas Terrestres para la Navegación aérea y de las Ayudas Visuales en territorio colombiano." Bogotá, p. 5, 2019.
- [11] Ministerio de Tecnologías de la información y las Comunicaciones, "Decreto 1078 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones," *Mintic*, p. 172, 2015, [Online]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-9528.html> https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-9528_documento.pdf.
- [12] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, "Plan de Navegación aérea para Colombia VOL II. Instalaciones y Servicios," Bogotá, 2017.
- [13] "Resolución 0840 de 2004," *D. Of.*, p. 30, 2004.
- [14] S. R. de C. para la V. de la S. (SRVSOP) Operacional, *Reglamento Aeronáutico Latinoamericano LAR 210*, Primera. 2019.
- [15] ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL, *PLAN REGIONAL CAR / SAM PARA LA IMPLANTACION DE LOS SISTEMAS CNS / ATM DOCUMENTO I*. 1999.
- [16] RASG-PA, "Annual Safety Report," 2017.
- [17] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, "Código Electrónico de Regulaciones Federales," 2019.
- [18] INDRA SISTEMAS S.A., *Technical Manual DME LDB-103/Radio Navigation Systems*. Madrid, 2012.
- [19] INDRA SISTEMAS S.A., *Manual Técnico - DVOR VRB-53D*. Madrid, 2013.
- [20] SELEX Sistemi Integrati, *Operations and Maintenance Manual Model 1118A-1119A DME*. Overland Park, 2006.
- [21] SELEX Sistemi Integrati, *Operations and Maintenance Manual Model 1150 DVOR*. Overland Park, 2005.

- [22] MOPIENS INC., *300 DME MARU 310/320 DME TECHNICAL MANUAL*. MOPIENS INC., 2017.
- [23] MOPIENS INC., *RADIO NAVIGATIONAL AIDS 500 ILS 510/520 LOCALIZER TECHNICAL MANUAL*. MOPIENS INC., 2017.
- [24] MOPIENS INC., *MARU 220 DVOR TECHNICAL MANUAL VOLUME II Operations & Maintenance*. 2011.
- [25] TOSHIBA, *DME FIELD ADJUSTMENT MANUAL*. 2017.
- [26] TOSHIBA, *DVOR MAINTENANCE GUIDANCE*. 2017.
- [27] A. W. Bakken, *INSTRUCTION MANUAL NORMARC 3543 NULL REFERENCE GLIDE PATH ANTENNA SYSTEM*. Manglerud, 2005.
- [28] A. W. Bakken, *INSTRUCTION MANUAL NORMARC 3544 SIDEBAND REFERENCE GLIDE PATH ANTENNA SYSTEM*. Manglerud, 2005.
- [29] A. W. Bakken, *INSTRUCTION MANUAL NORMARC 3545 M-ARRAY GLIDE PATH ANNTENA SYSTEM*. Manglerud, 2005.
- [30] J. Saugstad, *NORMARC 7011B-7012B ILS Instruction Manual*. Manglerud, 2005.
- [31] J. Saugstad, *NORMARC 7013B-7014B ILS Instruction Manual*. Manglerud, 2005.
- [32] J. Saugstad, *NORMARC 7031B-7032B ILS Instruction Manual*. Manglerud, 2005.
- [33] J. Saugstad, *NORMARC 7033B-7034B ILS Instruction Manual*. Manglerud, 2005.
- [34] M. H. Weik and INTELCAN, *Maintenance Manual 02007 Distance Measuring Equipment, SKYNAV N9000*, 1.1. Ottawa, 2017.
- [35] M. H. Weik, *Maintenance Manual 02001 ILS SKYNAV N8100 LLZ y SKYNAV 8200 GP*. Ottawa, 2000.
- [36] THALES AIR SYSTEMS GNBH, *CVOR 431 Thechnical Manual Part 2*. Stuttgart, 2012.
- [37] THALES ITALIA S.p.A., *DME 415/435 RPM TECHNICAL MANUAL*, A., vol. 1, no.

September. Gorgonzola, Milan, 2009.

- [38] THALES AIR SYSTEMS GNBH, *ILS 420 GLIDE PATH 422 TECHNICAL MANUAL PART 2*. Stuttgart, 2004.
- [39] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, "Organigrama," 2018. [http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/Documents/ORGANIGRAMA CON NOMBRES AL 15 08 2019.pdf](http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/Documents/ORGANIGRAMA_CON_NOMBRES_AL_15_08_2019.pdf) (accessed Jun. 26, 2019).
- [40] Ministerio de Transporte - Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, "DECRETO 823 DE 2017." Bogotá, p. 3, 2017, [Online]. Available: [https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO 823 DEL 16 DE MAYO DE 2017.pdf](https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO_823_DEL_16_DE_MAYO_DE_2017.pdf).
- [41] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, "Resolución Número 01357 Por la cual se crean y organizan los Grupos Internos de Trabajo en el nivel central y se les asignan responsabilidades." Bogotá, p. 91, 2017.
- [42] Departamento Administrativo de la Función Pública, "DECRETO NUMERO 475 DE 2019." Bogotá, p. 6, 2019.
- [43] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, "ACUERDO NUMERO 28 DE 2010 Por el cual se actualiza el Programa Nacional de Instrucción para el personal ATSEP." Bogotá, p. 24, 2010.
- [44] International Civil Aviation Organization, "Doc 7192-AN/857 Part E-2," 2004. .
- [45] V. H. Alomía Díaz, W. Díaz Cubides, and G. Rusinke Barrantes, "ELABORACIÓN DEL MANUAL DE APLICACIÓN PARA LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA EN APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN POR INSTRUMENTOS," San Buenaventura, 2008.
- [46] "Instrumentos de Vuelo," [Online]. Available: https://www.ecured.cu/Instrumentos_de_vuelo.
- [47] L. O. Salvatori, N. A. Co-director, and J. Toloza, "Generador de Instrumental de Vehículos en Dispositivos Android Aplicado al instrumental básico," 2016.

- [48] “Una guía para principiantes de aviación,” *Procedimientos simplificados para realizar un aterrizaje automático de doble canal en el avión Boeing B-737-400 en MSFSX*, 2011. <http://aerostudyguide.blogspot.com/>.
- [49] Cybercol, “EL NDB (Non Directional Beacon).” <http://www.cybercol.com/fs/escuela/adf1.html>.
- [50] “CDI – COURSE DEVIATION INDICATOR.” https://www.aeroshop.eu/media/catalog/product/cache/2/image/650x650/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/1/0/1000x300-cdi_1.jpg.
- [51] A. D. Finding, “INSTRUMENTOS DE NAVEGACION.” p. 10, [Online]. Available: http://www.vatsur.org/uploaddata/5/Instrumentos_de_navegacion.pdf.
- [52] “Componentes de un RMI típico.” <https://docplayer.es/docs-images/67/56792762/images/40-0.jpg>.
- [53] La Voz de la Aviación, “Indicador de Situación Horizontal (HSI),” 2015. <https://www.facebook.com/lavozaviacion/photos/a.1516578971959709/1628494847434787/?type=3&theater> (accessed Dec. 02, 2019).
- [54] Jaime Beneyto Gómez de Barreda, “Sistemas de navegación.” p. 508, 2012, [Online]. Available: [http://www.itmexicali.edu.mx/jljv/mecatronica/aeronaves/avioncs/Sistemas de Navegación - Beneyto.pdf](http://www.itmexicali.edu.mx/jljv/mecatronica/aeronaves/avioncs/Sistemas_de_Navegación_-_Beneyto.pdf).
- [55] “Distance Measuring Equipment DME.” https://slideplayer.com/31/9749266/big_thumb.jpg.
- [56] ASOC. PASIÓN POR VOLAR, “Sistemas de Navegación Aérea Cap-3,” *Academia de aviación*, 2014. <http://www.pasionporvolar.com/sistemas-de-navegacion-aerea-cap-3/> (accessed Sep. 24, 2019).
- [57] P. P. Rogelio, *AVIÓNICA Y SISTEMAS DE NAVEGACIÓN*. .
- [58] INTELCAN TECHNOSYSTEMS INC., *SKYNAV DME PRINCIPLES AND FUNDAMENTALS TRAINING*. .

- [59] R. Eva, “¿Qué es el sistema de aterrizaje por instrumentos?,” *CIM Grupo de Información*, 2016. <https://www.cimformacion.com/blog/aeronautica/que-es-el-sistema-de-aterrizaje-por-instrumentos/> (accessed Sep. 18, 2019).
- [60] ROHDE & SCHWARS, “Agilizar las medidas en pista de las estaciones ILS,” 2015. https://www.rohde-schwarz.com/es/aplicaciones/agilizar-las-medidas-en-pista-de-las-estaciones-ils-ficha-de-aplicacion_56279-160898.html (accessed Apr. 03, 2019).
- [61] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, “Información Financiera,” 2016. <http://www.aerocivil.gov.co/transparencia/presupuesto> (accessed Apr. 07, 2019).
- [62] ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL, *Doc 10057 Manual sobre la instrucción y evaluación basadas en la competencia de los especialistas en sistemas electrónicos para la seguridad del tránsito aéreo*, Primero. Montreal, 2017.
- [63] Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, “PLAN DE CHOQUE DE MANTENIMIENTO 2019 ‘SISTEMAS DE RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN AÉREA.’” Bogotá, 2019.
- [64] “Importancia del análisis FODA para empresas.” <https://www.matrizfoda.com/dafo/que-es-la-matriz-foda/importancia-del-analisis-foda-empresas/> (accessed Jul. 25, 2019).
- [65] Departamento Administrativo de la Función Pública, “DECRETO NÚMERO 1026 DE 2019.” Bogotá, p. 6, 2019.
- [66] Departamento Administrativo de la Función Pública, “DECRETO No. 1013 DE 2019.” Bogotá, p. 4, 2019.
- [67] O. Smarrelli, “INFORME DE MISIÓN A COLOMBIA,” *Library*. Oficina Sudamericana de la OACI, Bogotá, p. 51, 2017.
- [68] Ministerio de Transporte y Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, “Resolucion 02013.” Bogotá, p. 8, 2017.
- [69] Ministerio de Transporte y Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, “Resolución Número 03731 de 01 dic 2017.” Bogotá, p. 12, 2017, [Online]. Available:

[http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/Normatividad Institucional Resoluciones 2017/Resolucion 3731 del 1 dic de 2017.pdf](http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/Normatividad%20Institucional%20Resoluciones%202017/Resolucion%203731%20del%201%20dic%20de%202017.pdf).

- [70] Congreso de Colombia, "LEY 12 DE 1947," pp. 1–37, 1947, [Online]. Available: [http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/Leyes compendio de la legislacion/LEY 12 DE 1947.pdf](http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/Leyes%20compendio%20de%20la%20legislacion/LEY%2012%20DE%201947.pdf).
- [71] Ministerio de Justicia, "DECRETO 410 DE 1971," p. 354, 1971, doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- [72] Congreso de Colombia, "LEY 105 DE 1993," p. 33, 1993, [Online]. Available: <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=100>.
- [73] Ministerio de Transporte, "LEY 336 DE 1996," p. 62, 1996, [Online]. Available: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0336_1996.html#1.
- [74] Ministerio de Comunicaciones, "DECRETO 1029 DE 1998," p. 5, 1998, [Online]. Available: https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-14671_documento.pdf.
- [75] Ministerio de Transporte y Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, "RESOLUCIÓN 06352 DE 2013." Bogotá, pp. 1–11, 2013, [Online]. Available: [http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/reglamentacion/RAC/Resolución 06352 - 14 Noviembre 2013.pdf](http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/reglamentacion/RAC/Resolución%2006352%20-%2014%20Noviembre%202013.pdf).
- [76] MOPIENS INC., *RADIO NAVIGATIONAL AIDS 500 ILS 530 / 540 GLIDE PATH TECHNICAL MANUAL*. MOPIENS INC., 2015.
- [77] MOPIENS INC., *RADIO NAVIGATION AIDS MOPIENS 500 ILS*. 2018.
- [78] TOSHIBA, *DME MAINTENANCE GUIDANCE*. 2017.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Regulación para el equilibrio entre seguridad y recomendaciones.....	9
Figura 2. Retos regulatorios.....	10
Figura 3.Temáticas a regular	10
Figura 4.Mapa regiones NAM, CAR y SAM según la OACI.....	19
Figura 5. Estructuración del Anexo 10	20
Figura 6. Estructura organizacional de la Aerocivil.....	29
Figura 7.División de Colombia en regionales de la Aerocivil	33
Figura 8.Resumen por niveles de la capacitación del personal ATSEP	36
Figura 9. Brújula e Indicador de rumbo	49
Figura 10. Funcionamiento de un ADF	49
Figura 11. Ejemplo de CDI.....	50
Figura 12. El RMI y sus componentes	50
Figura 13. Indicador de Situación Horizontal (HSI)	51
Figura 14. Ilustración de un DME.....	52
Figura 15. Componentes de equipo del equipo de abordó	53
Figura 16.Principio de funcionamiento VOR [57].....	54
Figura 17. Principio de funcionamiento DME	54
Figura 18. Principio de funcionamiento ILS.....	55
Figura 19.Principio de funcionamiento del sistema Localizador (Localizer)	55
Figura 20.Principio de funcionamiento del sistema Senda de Planeo (Glide Slope).....	56
Figura 21.Ubicación geográfica de sistemas VOR/DME	57
Figura 22.Ubicación geográfica de sistemas ILS	58
Figura 23. Análisis DOFA de la Regulación Nacional.....	63
Figura 24. Análisis DOFA de la Regulación Internacional	65
Figura 25.Elaboración Exposición de Motivos.....	70
Figura 26. Estructura organizacional propuesta para la Aerocivil	96
Figura 27. Actividades del Coordinador de Grupo de Soporte	108

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Periodicidad de ensayos por sistema.....	14
Tabla 2.Estrategias a implementar por sistema	14
Tabla 3.Periodicidad realización Inspección y certificación en vuelo	15
Tabla 4.Periodicidad realización Inspección y certificación en tierra	15
Tabla 5.Periodicidad ampliada para realización Inspección y certificación en tierra	15
Tabla 6. Requisitos de mantenimiento y operaciones para los sistemas de radioayudas.....	22
Tabla 7. Recomendaciones dadas por los fabricantes frente al mantenimiento de los sistemas de radioayudas	25
Tabla 8. Conformación actual de los grupos de soporte	34
Tabla 9.Equipos de medida existentes para radioayudas	38
Tabla 10.Categorías de los sistemas ILS.....	39
Tabla 11.Equipos de radioayudas existentes en la Regional Cundinamarca	42
Tabla 12.Equipos de radioayudas existentes en la Regional Antioquia.....	43
Tabla 13.Equipos de radioayudas existentes en la Regional Valle.....	44
Tabla 14.Equipos de radioayudas existentes en la Regional Meta.....	45
Tabla 15.Equipos de radioayudas existentes en la Regional Atlántico.....	46
Tabla 16.Equipos de radioayudas existentes en la Regional Norte de Santander.....	47
Tabla 17.Costos estimados de mantenimiento anual a nivel nacional.....	60
Tabla 18.Costos estimados de mantenimiento de radioayudas por regionales	61
Tabla 19. Periodicidad propuesta para mantenimiento de sistemas DME	72
Tabla 20. Cronograma de mantenimiento propuesto para sistemas DME.....	72
Tabla 21. Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas DME	72
Tabla 22. Equipo de prueba propuesto para sistemas DME	74
Tabla 23. Periodicidad propuesta para mantenimiento de sistemas VOR	75
Tabla 24. Cronograma de mantenimiento propuesto para sistemas VOR.....	75
Tabla 25. Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas VOR.....	75
Tabla 26. Equipo de prueba propuesto para sistemas VOR.....	77
Tabla 27. Periodicidad propuesta para mantenimiento de sistemas ILS	78
Tabla 28. Cronograma de mantenimiento propuesto para sistemas ILS	78
Tabla 29. Actividades de mantenimiento propuestas para sistemas ILS	78
Tabla 30. Equipo de prueba propuesto para sistemas ILS.....	80
Tabla 31. Equipo de prueba recomendado para cada estación	81
Tabla 32. Personal propuesto para realización de mantenimiento a los sistemas de radioayudas.....	83
Tabla 33. Salario y viáticos determinados para personal técnico	85
Tabla 34. Costos relacionados con viáticos del personal de mantenimiento	86
Tabla 35. Costos relacionados con el desplazamiento de los técnicos	89
Tabla 36. Costo general para mantenimiento periódico de los sistemas de radioayudas a nivel nacional.....	92
Tabla 37. Propuesta de Grupos internos de trabajo a cargo de la Dirección de Mantenimiento	100
Tabla 38. Definición de turnos por áreas.....	109
Tabla 39. Nivel de responsabilidad de gestión y control de los sistemas	112
Tabla 40.Actividades de mantenimiento periódico para DME INDRA LDB 103.....	123
Tabla 41.Actividades de mantenimiento periódico para Model 1118A/1119A DME SELEX	125

Tabla 42.Actividades de mantenimiento por inspección visual para Model 1118A/1119A DME SELEX	127
Tabla 43.Actividades de mantenimiento periódico para Model 1150 DVOR SELEX	128
Tabla 44.Otras actividades de mantenimiento para Model 1150 DVOR SELEX	128
Tabla 45.Actividades de mantenimiento para 300 DME MARU 310-320 MOPIENS	131
Tabla 46.Actividades de mantenimiento para 500 ILS 510/520 LOCALIZER / 530/540 MOPIENS	133
Tabla 47.Actividades de mantenimiento para MOPIENS 500 ILS	133
Tabla 48.Actividades de mantenimiento para MOPIENS MARU 220 DVOR	134
Tabla 49.Actividades de comprobación para DME MAINTENANCE GUIDANCE TOSHIBA	135
Tabla 50.Actividades de comprobación para DME MAINTENANCE GUIDANCE TOSHIBA	136
Tabla 51.Actividades de mantenimiento periódico para NORMARC 7011B/7012B ILS	138
Tabla 52.Equipo de prueba y actividades de mantenimiento periódico para NORMARC 7011B/7012B ILS CAT I, II, III	139
Tabla 53.Actividades de mantenimiento periódico para DME INTEL CAN SKYNAV N9000	141
Tabla 54.Actividades de mantenimiento periódico para ILS INTEL CAN N8100-N8200	143
Tabla 55.Actividades de mantenimiento periódico para CVOR 431 THALES	145
Tabla 56.Actividades de mantenimiento periódico para ILS 420 THALES	147