



**Quinta Reunión Conjunta GREPECAS–RASG-PA (GREPECAS-RASG-PA/5) y  
Vigésima tercera Reunión del Grupo Regional de Planificación y Ejecución del Caribe y  
Sudamérica (GREPECAS/23)**

Fase Virtual (Asincrónico, del 19 de enero al 17 de febrero de 2026)  
Fase presencial (Ciudad de México, México, del 4 al 6 de marzo de 2026)

**Cuestión 5 del  
Orden del Día:**

**Resultados de la Asamblea 42; Cuestiones relativas a las iniciativas de  
navegación aérea**

- c) Vulnerabilidades y resiliencia del Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS)

**PLAN BRASILEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED MÍNIMA OPERATIVA  
(MON) EN RESPUESTA A LA INTERRUPCIÓN DEL GNS Y LOS BENEFICIOS DEL  
PROYECTO DME/DME/INERCIAL**

(Presentada por Brasil)

**RESUMEN EJECUTIVO**

El crecimiento continuo de la dependencia de los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) para la Navegación Basada en el Rendimiento (PBN) ha incrementado significativamente la vulnerabilidad de la aviación civil a interferencias de radiofrecuencia (RFI), como la interferencia y la suplantación de señales. Reconociendo estos riesgos críticos de seguridad y operativos, Brasil ha desarrollado y está implementando un Plan de Red Operativa Mínima (MON) (PCA 100-5). El Plan MON brasileño es una estrategia integral que abarca infraestructuras, procedimientos operativos y formación, diseñada para garantizar la resiliencia y seguridad en la navegación aérea frente a las interrupciones del GNSS. Parte de este plan es el Proyecto DME/DME/Inercial, que tiene como objetivo proporcionar una infraestructura de navegación robusta, complementaria y resiliente, especialmente para las operaciones RNAV 1 en algunas Áreas Terminales (TMAs) de alto tráfico y las operaciones RNAV 5 en los principales flujos aéreos de las vías aéreas superiores continentales. Este documento detalla los beneficios estratégicos del proyecto DME/DME/Inercial de Brasil, incluyendo una mayor resiliencia operativa y una mayor seguridad en vuelo, demostrando un enfoque tangible para mitigar las vulnerabilidades GNSS en la región CAR/SAM.

**Acciones:**

- a) Realizar un análisis comparativo de los posibles beneficios del Proyecto MON y DME/DME/Inercial de Brasil; y
- b) Alentar a los Estados del GREPECAS a participar en las discusiones relacionadas con estas experiencias y a promover la colaboración regional orientada a la armonización de criterios y al desarrollo de planes de contingencia robustos e interoperables, con miras a fortalecer la resiliencia del sistema CNS/ATM en toda la región CAR/SAM.

<i>Metas estratégicas 2026-2050:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los vuelos son seguros y protegidos</li> <li>• La Aviación es sostenible en términos medioambientales</li> <li>• La Aviación brinda movilidad fluida, accesible y confiable para todo el mundo</li> <li>• Ningún país se queda atrás</li> <li>• Marco jurídico integral</li> <li>• Desarrollo económico</li> </ul>
<i>Referencias:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolución A42-8C de la 42ª Asamblea de la OACI</li> <li>• Doc 9750, Plan Global de Navegación Aérea (GANP)</li> <li>• PCA 100-5, Plan de Implementación de Red Operativa Mínima (MON) en respuesta a la falla del GNSS, DECEA - Brasil</li> </ul>

## 1. Introducción

1.1 La comunidad aeronáutica global enfrenta desafíos crecientes debido a la creciente susceptibilidad de las señales GNSS a diversas formas de interferencia. La propuesta de Brasil a través del WP/210 (Implementación de una Red Operativa Mínima – MON) en la 42ª Asamblea de la OACI contribuyó a los debates sobre la necesidad de directrices globales y criterios armonizados para la implementación de una Red Operativa Mínima (MON). El documento presentó el plan MON de Brasil y destacó la ausencia de normas internacionales para definir aeródromos estratégicos, volúmenes de espacio aéreo y requisitos mínimos de infraestructura terrestre, advirtiendo de los riesgos de respuestas fragmentadas e ineficientes.

1.2 Estas preocupaciones estaban alineadas con las consideraciones de la Resolución A42-8/C, que reconocía la importancia de un enfoque holístico para garantizar la resiliencia de los sistemas CNS/ATM. La resolución hizo hincapié en la integración complementaria entre infraestructuras terrestres, espaciales y a bordo, así como en la necesidad de funciones para detectar, mitigar e informar de interferencias.

1.3 Como resultado, la Resolución A42-8/C incorporó acciones que reflejaban las propuestas del WP/210, incluyendo fomentar la definición de redes resilientes y la armonización de criterios mediante la cooperación internacional y los Grupos de Planificación e Implementación Regional (PIRGs). Estas medidas buscan garantizar la coherencia en la resiliencia del CNS/ATM, promover estudios de viabilidad para el MON y garantizar operaciones seguras y continuas a escala global.

1.4 En línea con estas recomendaciones globales, Brasil detalla en este estudio la implementación del Plan MON (PCA 100-5) por parte del Departamento de Control del Espacio Aéreo (DECEA), publicado el 15 de mayo de 2025. Este plan establece un marco nacional integral para garantizar la continuidad y seguridad de las operaciones aéreas durante las interrupciones del GNSS. Uno de los componentes de este plan es el Proyecto DME/DME/Inercial, una iniciativa centrada en desarrollar una solución de navegación PBN resiliente basada en infraestructuras terrestres en los principales TMAs y en los flujos principales de las vías aéreas superiores.

## 2 Análisis

### *El Plan MON*

2.1 La PCA 100-5 es un plan integral que establece la estructura, los procedimientos y las responsabilidades para la implementación de una Red Operativa Mínima (MON). El MON tiene como objetivo garantizar la continuidad y seguridad de las operaciones de navegación aérea en caso de fallo del

GNSS, utilizando infraestructura de navegación terrestre y procedimientos convencionales como DME/DME, DME/DME/IRU, VOR/DME, ILS, SID OMNI y RADAR.

2.2 La estructura MON incluye procedimientos para todas las fases del vuelo — salida, ruta, llegada y aproximación — asegurando un entorno de contingencia robusto. El Plan también contempla la vectorización por radar y el ajuste de la separación de aeronaves cuando sea necesario, la formación de controladores y pilotos aéreos, y la publicación de plantillas NOTAM para informar a las partes interesadas sobre eventos de interferencia GNSS.

2.3 Ese plan implica no solo la infraestructura del CNS, sino también varios factores, como:

2.3.1 **Cobertura nacional con ayudas convencionales:** Una red estratégica de VOR/DME, DME/DME e ILS posicionada para cubrir los flujos principales de tráfico y aeródromos críticos, asegurando que todas las fases de vuelo puedan realizarse utilizando procedimientos convencionales;

2.3.2 **Integración con PBN e infraestructura complementaria:** El proyecto DME/DME/Inercial apoya RNAV 1 en TMA de alto tráfico y RNAV 5 en rutas aéreas continentales superiores;

2.3.3 **Criterios para aeródromos estratégicos y espacio aéreo:** criterios objetivos para definir aeródromos prioritarios y volúmenes de espacio aéreo, considerando conectividad, movimiento operativo, proximidad a centros urbanos y relevancia internacional del flujo;

2.3.4 **Entrenamiento y simulación:** Programas para controladores y pilotos, incluyendo ejercicios de simulador ATC para validar procedimientos MON y ajustar las separaciones de radar;

2.3.5 **Mantenimiento y revisión continuos:** Monitorización permanente y preparación operativa de la infraestructura DME/VOR/ILS/RADAR, y revisiones periódicas para mantener la red actualizada y funcional; y

2.3.6 **Revisión de Planes de** Contingencia: por Centros de Control de Área (ACC), Control de Aproximación (APP) y el Centro de Gestión de Navegación Aérea (CGNA).

2.4 El plan también contempla una reducción de la capacidad y eficiencia del espacio aéreo, especialmente en áreas donde la cobertura de DME/DME es limitada.

2.5 En este momento, DECEA está consolidando los análisis presentados por los cinco Centros Regionales, basándose en los criterios y condiciones establecidos en el Plan, asegurando la aplicación coherente de directrices en todo el territorio nacional.

2.6 Paralelamente, se están realizando vuelos de inspección para evaluar la cobertura DME/DME en áreas terminales seleccionadas, considerando la estrategia para implementar los procedimientos RNAV 1 (SID y STAR) con sensores DME/DME/Inercial.

2.7 Para garantizar la resiliencia, el Plan debe actualizarse continuamente, incorporando medidas de contingencia contra interferencias y revisiones periódicas para mantenerse al día con los avances tecnológicos y la adopción de nuevos sistemas.

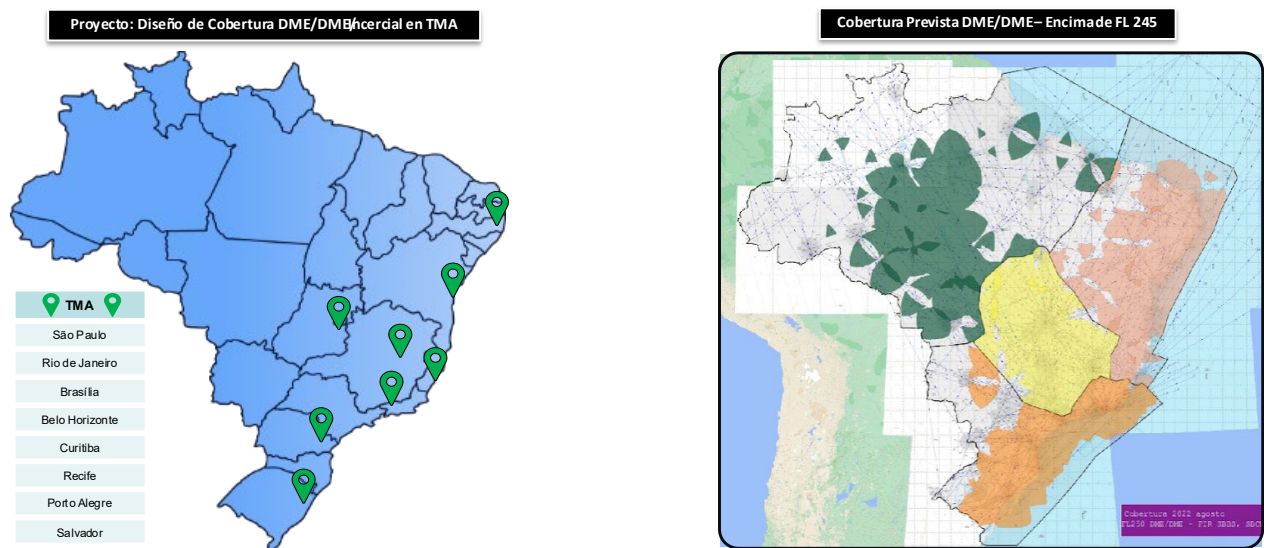
### *El proyecto DME/DME/Inercial*

2.8 Basándose en el Bloque ASBU de la OACI "NAVS-B0/4 – Navegación Mínima de Redes Operativas (Nav. MON)" y en las mejores prácticas de EUROCONTROL, el Proyecto DME/DME/Inercial de Brasil tenía como objetivo expandir estratégicamente la infraestructura terrestre para complementar el GNSS.

2.9 Debido a los desafíos logísticos y a las dimensiones continentales del territorio brasileño, la estrategia operativa se diseñó para aprovechar los sistemas inerciales a bordo y cubrir las lagunas en la cobertura DME/DME. En consecuencia, la cobertura DME/DME se amplió recientemente con la instalación de 52 estaciones DME independientes.

2.10 El alcance del proyecto era apoyar los procedimientos RNAV 1 (SID/STAR) en áreas terminales de alto tráfico (TMA) y las operaciones RNAV 5 en la mayoría de las rutas aéreas del alto continente.

2.11 En esta estrategia, el mapa de la izquierda muestra las áreas terminales cubiertas por el proyecto, que representan las regiones más concurridas del país: São Paulo, Río de Janeiro, Brasilia, Belo Horizonte, Curitiba, Recife, Porto Alegre y Salvador. El mapa de la derecha ilustra la cobertura prevista de DME/DME por encima de FL245 tras la implementación completa, diseñada para servir los flujos principales de tráfico aéreo. Las zonas más oscuras indican lagunas de cobertura.



## 3 Conclusiones

3.1 La implementación del Plan MON de Brasil demuestra un fuerte compromiso con la resiliencia operativa frente a vulnerabilidades GNSS, integrando infraestructuras terrestres, procedimientos convencionales y sistemas complementarios como DME/DME/Inercial. Este enfoque refuerza la necesidad de estrategias coordinadas para garantizar la continuidad de las operaciones aéreas en escenarios de interferencia, en línea con las directrices de la OACI para la integración entre sistemas terrestres, espaciales y a bordo. La experiencia brasileña demuestra que soluciones nacionales sólidas son esenciales pero insuficientes sin un esfuerzo conjunto para estandarizar criterios y prácticas a nivel regional.

3.2 En este contexto, la armonización regional desempeña un papel clave para evitar respuestas fragmentadas y garantizar la coherencia en la definición de aeródromos estratégicos, volúmenes de espacio aéreo y requisitos mínimos de infraestructura. La colaboración entre Estados, a través de grupos regionales como GREPECAS, es crucial para promover sinergias, compartir experiencias y establecer redes resilientes que satisfagan las necesidades de la CAR/SAM. Esta integración no solo mejorará la seguridad y la eficiencia operativa, sino que también permitirá la evolución continua de soluciones para abordar amenazas emergentes, consolidando un entorno de navegación aérea más seguro, resiliente e interoperable para toda la región.

#### **4 Acciones sugeridas**

4.1 Se invita a la Reunión a:

- a) Realizar un análisis comparativo de los posibles beneficios del Proyecto MON y DME/DME/Inercial de Brasil; y
- b) Alentar a los Estados del GREPECAS a participar en las discusiones relacionadas con estas experiencias y a promover la colaboración regional orientada a la armonización de criterios y al desarrollo de planes de contingencia robustos e interoperables, con miras a fortalecer la resiliencia del sistema CNS/ATM en toda la región CAR/SAM.