

APÉNDICE A

**MÓDULO NÚM. B0-05: MAYOR FLEXIBILIDAD Y EFICIENCIA
EN LOS PERFILES DE DESCENSO (CDO)**

Resumen	Aplicar procedimientos de espacio aéreo y de llegada basados en la performance que permitan a las aeronaves volar su perfil óptimo utilizando operaciones de descenso continuo (CDO). Esto optimizará el caudal del tránsito, permitirá ejecutar perfiles de descenso eficientes y aumentará la capacidad de las áreas terminales.	
Principal impacto en la performance según el Doc 9854	KPA-04 – Eficiencia, KPA-05 – Medio ambiente, KPA-09 – Posibilidad de predecir, KPA-10 – Seguridad operacional.	
Entorno operacional /fases de vuelo	Aproximación/llegada y en ruta.	
Consideraciones de aplicabilidad	Regiones, Estados o lugares que más necesiten estas mejoras. A efectos de sencillez y para lograr el éxito en la implantación, la complejidad puede dividirse en tres categorías: a) complejidad mínima – regiones, Estados y lugares con algunos fundamentos de experiencia operacional en PBN que podrían aprovechar las mejoras a corto plazo, que comprenden la integración de procedimientos y la optimización de la performance; b) complejidad media – regiones, Estados y lugares que pueden o no poseer experiencia en PBN, pero que se beneficiarían de la introducción de procedimientos nuevos o mejorados. No obstante, muchos de estos lugares pueden tener dificultades de carácter ambiental y operacional que se agregarán a las complejidades de la elaboración y aplicación de procedimientos; y c) complejidad máxima – las regiones, Estados y lugares de esta categoría serán los que encuentren más difícil y complejo introducir operaciones PBN integradas y optimizadas. Los volúmenes de tránsito y las limitaciones del espacio aéreo son complejidades añadidas que deben enfrentarse. Los cambios operacionales en estas áreas pueden tener consecuencias profundas en todo el Estado, la región o el lugar.	
Componente(s) del concepto mundial según el Doc 9854	AOM – organización y gestión del espacio aéreo AO – operaciones de aeródromos TS – sincronización del tránsito, AOM	
Iniciativas del Plan mundial (IPM)	IPM-10: diseño y gestión del área terminal IPM-11: salidas normalizadas por instrumentos (SID) y llegadas normalizadas por instrumentos (STAR) con RNP y RNAV	
Interdependencias principales	Ninguna	
Lista de verificación del estado de preparación mundial		Situación (disponible ahora o fecha prevista).
	Estado de preparación de las normas	√
	Disponibilidad de la aviónica	√
	Disponibilidad de los sistemas terrestres	√
	Procedimientos disponibles	√
	Aprobaciones de operaciones	√

1. NARRATIVA

1.1 Generalidades

1.1.1 Este módulo se integra con otros relativos al espacio aéreo y procedimientos [operaciones de descenso continuo (CDO), navegación basada en la performance (PBN) y gestión del espacio aéreo] para aumentar la eficiencia, la seguridad operacional, el acceso y la posibilidad de predecir.

1.1.2 A medida que aumenta la demanda de tránsito, los desafíos en las áreas terminales se concentran en el volumen, las condiciones meteorológicas peligrosas (como la turbulencia fuerte y la mala visibilidad), los aeropuertos adyacentes y el espacio aéreo de actividad especial en estrecha proximidad y cuyos procedimientos se aplican en el mismo espacio aéreo, así como las políticas que limitan la capacidad, el caudal y la eficiencia.

1.1.3 La afluencia y el volumen del tránsito (a través de las rutas de ingreso y egreso) no siempre son bien medidos, equilibrados o previsibles. Las maniobras para evitar obstáculos y partes del espacio aéreo (en forma de mínimas y criterios de separación), procedimientos de atenuación del ruido, así como mitigación del riesgo de encuentro con estelas turbulentas, tienden a producir ineficiencias operacionales (p. ej., mayor tiempo o mayor distancia de vuelo y, con ellos más combustible).

1.1.4 Las rutas ineficientes también pueden provocar la subutilización de la capacidad disponible de aeródromos y espacio aéreo. Finalmente, los Estados enfrentan retos al prestar servicio a múltiples clientes (internacionales y nacionales con diversas capacidades): la mezcla de tránsito comercial, de negocios, aviación general y, muchas veces, militar destinado a aeropuertos dentro de un área terminal y que interactúa con las operaciones de los otros sectores, y a veces las inhibe.

1.2 Línea de base

1.2.1 La línea de base de este módulo puede variar de un Estado, región o lugar al siguiente. Cabe señalar el hecho de que algunos aspectos del cambio a PBN ya han sido objeto de mejoras locales en muchas áreas; y estas áreas y los correspondientes usuarios ya están logrando beneficios.

1.2.2 La falta de textos de orientación de la OACI sobre aprobaciones operacionales de PBN hace que la implantación sea más lenta y se perciba como uno de los principales obstáculos para la armonización.

1.2.3 Resta todavía una labor que realizar para armonizar la nomenclatura PBN, especialmente en las cartas y en los reglamentos de los Estados y regionales (p. ej., la mayoría de los reglamentos europeos todavía mencionan la navegación de área básica (B-RNAV) y la navegación de área de precisión (P-RNAV).

1.3 Cambios introducidos por el módulo

1.3.1 Las operaciones de vuelo en muchas áreas terminales precipitan la mayoría de las actuales demoras en el espacio aéreo en muchos Estados. Las oportunidades para optimizar el caudal, mejorar la flexibilidad, permitir la ejecución de perfiles de ascenso y de descenso eficientes en cuanto a combustible y de aumentar la capacidad en las zonas más congestionadas deberían ser una iniciativa de alta prioridad a corto plazo.

1.3.2 Las capacidades centrales que deberían destacarse son RNAV, RNP cuando se necesite, CDO, cuando sea posible, mayores eficiencias en las reglas de separación terminal en el espacio aéreo,

diseño y clasificación eficaces del espacio aéreo, afluencia por el control de tránsito aéreo (ATC) y vigilancia del ATC. Las oportunidades para reducir las consecuencias de las emisiones y del ruido de las aeronaves también deberían destacarse cuando fuera posible.

1.4 Elemento 1: Operaciones de descenso continuo

1.4.1 El descenso continuo es una de las varias herramientas disponibles a los explotadores de aeronaves y ANSP para beneficiarse de las capacidades de las aeronaves actuales y reducir el ruido, el consumo del combustible y la emisión de gases de efecto invernadero. A lo largo de los años, se han elaborado diferentes modelos de rutas para facilitar las CDO y se han hecho varios intentos para lograr un equilibrio entre el ideal de los procedimientos favorables para el medio ambiente y las necesidades de cada aeropuerto o espacio aéreo específico.

1.4.2 Las CDO pueden facilitar la reducción del consumo de combustible y de las emisiones, aumentando al mismo tiempo la estabilidad de los vuelos y la previsibilidad de la trayectoria de vuelo, tanto para controladores como para pilotos, sin comprometer el índice de llegadas de aeropuerto (AAR) óptimo.

1.4.3 Las CDO son habilitadas por el diseño del espacio aéreo, el diseño de los procedimientos y la facilitación por el ATC que permiten que los vuelos desciendan en forma continua, en la mayor medida posible, empleando empuje mínimo de motores, idealmente en baja configuración de resistencia al avance, antes de la referencia o punto de aproximación final (FAF/FAP). Una CDO óptima se inicia a partir del comienzo del descenso (TOD) y utiliza perfiles de descenso que reducen las comunicaciones entre controlador y piloto y los tramos de vuelo horizontal.

1.4.4 Además, permite reducir el ruido, el consumo de combustible y las emisiones, aumentando al mismo tiempo la estabilidad de los vuelos y la previsibilidad de las trayectorias de vuelo tanto para controladores como para pilotos.

1.5 Elemento 2: Navegación basada en la performance

1.5.1 La PBN es un conjunto global de normas de navegación de área, definidas por la OACI, sobre la base de los requisitos de performance para las aeronaves en las fases de salida, llegada, aproximación o en ruta.

1.5.2 Estos requisitos de performance se expresan como especificaciones de navegación en términos de exactitud, integridad, continuidad, disponibilidad y funcionalidad necesarios para un espacio aéreo o aeropuerto en particular.

1.5.3 La PBN eliminará las diferencias regionales de las diversas especificaciones sobre performance de navegación requerida (RNP) y navegación de área (RNAV) que existen actualmente. El concepto PBN engloba dos tipos de especificaciones de navegación:

- a) especificación RNAV: especificación de navegación basada en la navegación de área que no comprende el requisito de contar con un sistema de vigilancia de la performance y alerta de a bordo, y se designa mediante el prefijo RNAV, p. ej., RNAV 5, RNAV 1; y
- b) especificación RNP: especificación de navegación basada en la navegación de área que comprende el requisito de contar con un sistema de vigilancia de la performance y alerta de a bordo, y se designa mediante el prefijo RNP, p. ej., RNP 4.

2. MEJORA PREVISTA DE LA PERFORMANCE OPERACIONAL

2.1 En el *Manual sobre la actuación mundial del sistema de navegación aérea* (Doc 9883) se proponen métricas para determinar el éxito del módulo.

<i>Eficiencia</i>	• Economías de costo y beneficios ambientales gracias al menor consumo de combustible. • Autorización de operaciones donde las limitaciones en cuanto al ruido habrían resultado en la reducción o restricción de las mismas. • Reducción del número de transmisiones de radio necesarias. • Gestión óptima del comienzo del descenso en el espacio aéreo en ruta.
<i>Medio ambiente</i>	Como se indicó en “Eficiencia”
<i>P revisibilidad</i>	• Trayectorias de vuelo más coherentes y trayectorias de aproximación estabilizadas. • Menos necesidad de vectores.
<i>Seguridad operacional</i>	• Trayectorias de vuelo más coherentes y trayectorias de aproximación estabilizadas. • Reducción de la incidencia de casos de impacto contra el suelo sin pérdida de control (CFIT). • Separación con el tránsito circundante (especialmente en rutas libres). • Reducción del número de conflictos.
<i>Análisis de costos/beneficios</i>	Las siguientes son ejemplos de posibles economías como resultado de la implantación de CDO. <i>Es importante considerar que los beneficios de las CDO dependen en gran medida de cada entorno ATM específico.</i> No obstante, si se implantan dentro del marco del Manual sobre CDO de la OACI, se prevé que la relación entre beneficios y costos (BCR) será positiva. Ejemplo de economías después de la implantación de CDO en la TMA Los Ángeles (KLAX): a) CDO RIIVR2/SEAVU2/OLDEE1 y 4 ILS: 1) implantada el 25 de septiembre de 2008, y en uso todo el tiempo en KLAX; b) unas 300 - 400 aeronaves por día vuelan RIIVR2/SEAVU2/OLDEE1 STAR que representan aproximadamente la mitad de todas las llegadas de reactores a KLAX: 1) reducción del 50% en las transmisiones de radio; y c) considerables economías de combustible – promedio 125 libras por vuelo. 1) 300 vuelos/día * 125 libras por vuelo * 365 días = 13,7 millones de libras/año; y 2) más de 2 millones de galones/año economizados = más de 41 millones de libras de emisiones de CO2 evitadas.

	La ventaja de la PBN para el ANSP es que evita la necesidad de adquirir e introducir ayudas para la navegación para cada nueva ruta o procedimiento por instrumentos. La ventaja para todo el mundo es que la PBN aclara la forma en que los sistemas de navegación de área se utilizan y facilita el proceso de aprobación operacional para los explotadores proporcionando un conjunto limitado de especificaciones de navegación previstas para uso mundial. Las ventajas de la PBN en cuanto a la seguridad operacional son considerables, dado que incluso los aeropuertos emplazados en las zonas más pobres del mundo pueden admitir aproximaciones alineadas con la pista con guía horizontal y vertical a cualquier extremo de pista sin tener que instalar, calibrar y vigilar onerosas ayudas para la navegación terrestres. Por consiguiente, con la PBN todos los aeropuertos pueden aceptar aproximaciones por instrumentos estabilizadas que permitirán que las aeronaves aterricen contra el viento, y no sólo con viento de cola.
--	--

3. PROCEDIMIENTOS NECESARIOS (AIRE Y TIERRA)

3.1 El *Manual de operaciones de descenso continuo (CDO)* (Doc 9931) de la OACI proporciona orientación sobre el diseño del espacio aéreo, procedimientos de vuelo por instrumentos, facilitación del ATC y técnicas de vuelo necesarias para habilitar los perfiles de descenso continuo.

3.2 Por lo tanto, proporciona información de antecedentes y guía de implantación para:

- a) proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP);
- b) explotadores de aeronaves;
- c) explotadores de aeropuertos; y
- d) reglamentadores de aviación.

3.3 El *Manual de navegación basado en la performance (PBN)* (Doc 9613) de la OACI proporciona orientación general sobre la implantación de PBN. Este manual identifica la relación entre las aplicaciones RNAV y RNP y las ventajas y limitaciones de escoger una o la otra como requisito de navegación para un concepto de espacio aéreo.

3.4 También apunta a proporcionar orientación práctica a los Estados, ANSP y usuarios del espacio aéreo sobre cómo implantar las aplicaciones RNAV y RNP y cómo asegurarse de que los requisitos de performance son apropiados para la aplicación prevista.

3.5 La gestión del comienzo del descenso (TOD) con CDO en el espacio aéreo en ruta (especialmente en el contexto de rutas libres) tendrá que analizarse debido a que las CDO entrañarán un TOD impuesto.

4. CAPACIDAD NECESARIA DEL SISTEMA

4.1 Aviónica

4.1.1 La CDO es una técnica de operación de aeronaves ayudada por un diseño apropiado del espacio aéreo y de los procedimientos y autorizaciones ATC apropiadas que permiten ejecutar un perfil

de vuelo optimizado adaptado a la capacidad operacional de la aeronave, con bajos reglajes de empuje de motores y, cuando es posible, una baja configuración de resistencia al avance, lo que reduce el consumo de combustible y las emisiones durante el descenso.

4.1.2 El perfil vertical óptimo tiene la forma de una trayectoria de descenso continuo, con un mínimo de tramos de vuelo horizontal, solamente según se necesite para desacelerar y configurar la aeronave o establecerse sobre el sistema de guía de aterrizaje (p. ej., ILS).

4.1.3 El ángulo de trayectoria vertical óptimo variará dependiendo del tipo de aeronave, su peso real, el viento, la temperatura del aire, la presión atmosférica, las condiciones de engelamiento y otras consideraciones de carácter dinámico.

4.1.4 Una CDO puede realizarse con o sin el apoyo de una trayectoria de vuelo vertical generada por computadora (es decir la función de navegación vertical (VNAV) del sistema de gestión de vuelo (FMS)) y con o sin una trayectoria lateral fija. No obstante, el beneficio máximo para cada vuelo se logra mediante el mantenimiento de la aeronave a la mayor altura posible hasta que alcanza el punto de descenso óptimo. Esto se determina rápidamente mediante el FMS de a bordo.

4.2 Sistemas terrestres

4.2.1 En un concepto de espacio aéreo, los requisitos PBN resultarán afectados por los entornos de comunicaciones, vigilancia y ATM, la infraestructura de ayudas para la navegación y las capacidades funcionales y operacionales necesarias para responder a la aplicación ATM.

4.2.2 Los requisitos de performance PBN también dependen de los medios de navegación no RNAV reversibles disponibles y del grado de redundancia requerido para asegurar la continuidad adecuada de las funciones. Los sistemas automáticos en tierra necesitan inicialmente pocos cambios para apoyar la CDO: posiblemente un banderín en la pantalla. Para una mayor integración deberá mejorarse la función de cálculo de la trayectoria en tierra.

5. ACTUACIÓN HUMANA

5.1 Consideraciones de factores humanos

5.1.1 La decisión de planificar una RNAV o RNP debe tomarse caso por caso y en consulta con el usuario del espacio aéreo. Algunas áreas sólo necesitarán una RNAV sencilla para maximizar los beneficios mientras que otras, como las que tienen terrenos escarpados en las cercanías o un tránsito aéreo denso, pueden necesitar la más exigente RNP.

5.1.2 Los factores humanos se han tenido en cuenta durante la elaboración de procesos y procedimientos relacionados con este módulo. Cuando se prevé la automatización, se ha considerado la interfaz humano-máquina tanto de la perspectiva funcional como ergonómica (véanse los ejemplos de la Sección 6). No obstante, sigue existiendo la posibilidad de fallas latentes y se requiere atención durante toda la actividad de implantación. A este respecto se ha pedido que cualquier problema relacionado con factores humanos que se identifique durante la implantación se notifique a la comunidad internacional, por conducto de la OACI, como parte de cualquier iniciativa de notificaciones sobre seguridad operacional.

5.2 Requisitos de instrucción y competencia

5.2.1 Dado que las aproximaciones con performance de navegación requerida con autorización obligatoria (RNP AR) también exigen considerable instrucción, los ANSP deberían trabajar en estrecho contacto con las líneas aéreas para determinar dónde se debería implantar una aproximación RNP AR. En todos los casos, la implantación de PBN necesita un acuerdo entre el usuario del espacio aéreo, el ANSP y las autoridades de reglamentación.

5.2.2 Para este módulo se necesita instrucción en normas y procedimientos operacionales, que puede encontrarse en los enlaces con los documentos que se presentan en la Sección 8. Análogamente, los requisitos de competencia se identifican en los requisitos normativos de la Sección 6 que constituyen parte integral de la implantación de este módulo.

6. NECESIDADES DE REGLAMENTACIÓN Y NORMALIZACIÓN Y PLAN DE APROBACIÓN (AIRE Y TIERRA)

- Reglamentación/normalización: utilización de requisitos publicados actuales que comprenden los textos indicados en la Sección 8.4.
- Planes de aprobación: deben corresponder a los requisitos de aplicación, p. ej., diseño del espacio aéreo, operaciones de tránsito aéreo, requisitos PBN para transiciones de radio fijo, tramos de radio a punto de referencia, hora de llegada requerida (RTA), desplazamiento paralelo, etc.

6.1 Es importante comprender el contexto de políticas para apoyar la implantación local de CDO y asegurar elevados niveles de participación. La CDO puede ser un objetivo estratégico a nivel internacional, estatal o local y, como tal, puede iniciar una revisión de la estructura del espacio aéreo.

6.2 Por ejemplo, la producción de curvas de ruido puede ya suponer una aproximación final de descenso continuo de 3°. Entonces, incluso si se mejora la performance acústica en algunas áreas alrededor del aeropuerto, ello puede no afectar las curvas de ruido existentes. Análogamente, las CDO pueden no afectar la performance de vuelo dentro del área de las curvas de ruido más significativas, es decir, las que muestran niveles acústicos sobre los cuales se basan las decisiones que se adopten.

6.3 Además de la evaluación de la seguridad operacional, debería elaborarse una evaluación transparente del impacto de las CDO en otras operaciones de tránsito aéreo y en el medio ambiente y ponerse a disposición de todas las partes interesadas.

6.4 A medida que avanza la implantación de PBN, deberían establecerse requisitos internacionales normalizados para las transiciones de radio fijo, tramos de radio a punto de referencia, hora de llegada requerida (RTA), desplazamiento paralelo, VNAV, control en 4D, ADS-B, enlace de datos, etc.

6.5 Los SMS deben ser parte de todo proceso de desarrollo, y cada uno de ellos se manifiesta en forma diferente para cada uno de los procesos PBN. Para su producción, el SMS debe encararse a través de un proceso de producción que se ajuste a la norma ISO 9000, así como el volumen de trabajo, las mejoras de la automatización y la gestión de los datos. El proceso de producción se vigila para controlar defectos y volumen de trabajo. En cuanto a los procedimientos de tránsito aéreo, puede necesitarse un documento de gestión de riesgos de la seguridad operacional (SRMD) para cada procedimiento nuevo o enmendado. Este requisito

prolongará el tiempo necesario para implantar nuevos procedimientos, especialmente procedimientos de vuelo basados en PBN.

6.6 El progreso debería medirse con respecto a los indicadores clave de rendimiento recomendados por los grupos de trabajo, tales como fueron aprobados. La PBN:

- a) no añade una nueva filosofía de navegación, sino que constituye solamente una herramienta pragmática para implantar procedimientos de navegación correspondientes a la capacidad de las aeronaves que ya existe desde hace más de treinta años;
- b) no requiere que los Estados modifiquen completamente su infraestructura de navegación, sino que puede implantarse gradualmente; y
- c) no requiere que los Estados apliquen las especificaciones de navegación más avanzadas, porque sólo debe ajustarse a las necesidades operacionales.

7. ACTIVIDADES DE IMPLANTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN (AL MOMENTO DE REDACTARSE LA PRESENTE NOTA)

7.1 Uso actual

7.1.1 Operaciones de descenso continuo

- **Estados Unidos:** los descensos con perfil optimizado (OPD) se aplican actualmente en el Aeropuerto internacional de Los Ángeles (KLAX), Aeropuerto internacional Charlotte/Douglas (KCLT), Aeropuerto internacional Minneapolis-St. Paul (KMSP), Aeropuerto internacional Sky Harbor de Phoenix (KPHX), y Aeropuerto internacional de Las Vegas (KLAS).

7.1.2 Navegación basada en la performance

- **Estados Unidos:** se están elaborando actualmente nuevos procedimientos para Metroplexes en los Estados Unidos a efectos de incorporar en las operaciones elementos de navegación basada en la performance, como las trayectorias en curva. Se espera que el desarrollo de procedimientos quede completado en 2013 para los Metroplex de North Texas y Washington DC. La implantación para estos dos sitios tendrá lugar en 2014-2015.

7.2 Actividades planificadas o en marcha

7.2.1 Operaciones de descenso continuo:

- **Estados Unidos:** actualmente se están elaborando nuevos procedimientos para el Aeropuerto internacional de Denver (KDEN), el Aeropuerto internacional Seattle/Seattle-Tacoma (KSEA), y el espacio aéreo de Chicago que incorporarán OPD. Se espera completar la labor para 2014.

7.2.2 Navegación basada en la performance:

- **Estados Unidos:** se prevén ensayos en 2014-2015 para validar la viabilidad de los procedimientos de RNP establecida. La RNP establecida aplicará tecnología RNP para dirigir en condiciones de seguridad a las aeronaves hacia trayectorias de aproximación paralelas simultáneas independientes y dependientes sin el requisito de separación vertical con las aeronaves en aproximaciones adyacentes.

8. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

8.1 Normas

8.1.1 En la Enmienda 1 de los *Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Gestión del tránsito aéreo* (PANS-ATM, Doc 4444) de la OACI, figuran los requisitos relativos a planes de vuelo.

8.2 Textos de orientación

- OACI Doc 9613, *Manual de navegación basada en la performance (PBN)*
- OACI Doc 9931, *Manual de operaciones de descenso continuo (CDO)*
- FAA Circular de asesoramiento, AC 90-105, Approval Guidance for RNP operations and barometric vertical navigation in the United States National Airspace System), que proporciona guía de aprobación de sistemas y operacional para los explotadores (sólo refleja la situación en los Estados Unidos)

8.3 Documentos de aprobación

- OACI Doc 9931, *Manual de operaciones de descenso continuo*
- OACI Doc 9613, *Manual de navegación basada en la performance*
- FAA AC120-108, CDFA

— — — — —

APÉNDICE B

**MÓDULO NÚM. B0-20: MAYOR FLEXIBILIDAD Y EFICIENCIA
EN LOS PERFILES DE ASCENSO – OPERACIONES DE ASCENSO CONTINUO (CCO)**

Resumen	Implantación de operaciones de ascenso continuo conjuntamente con navegación basada en la performance (PBN) para proporcionar oportunidades de optimización del caudal, mejorar la flexibilidad, habilitar perfiles de ascenso eficientes en cuanto a combustible y aumentar la capacidad en áreas terminales congestionadas.	
Principal impacto en la performance según el Doc 9854	KPA-04 – Eficiencia, KPA-05 – Medio ambiente, KPA-10 – Seguridad operacional	
Entorno operacional/fases de vuelo	Salida y en ruta	
Consideraciones de aplicabilidad	Regiones, Estados o lugares que más necesiten estas mejoras. A efectos de sencillez y para lograr el éxito en la implantación, la complejidad puede dividirse en tres categorías: d) complejidad mínima – regiones, Estados y lugares con algunos fundamentos de experiencia operacional en PBN que podrían aprovechar las mejoras a corto plazo, que comprenden la integración de procedimientos y la optimización de la performance; e) complejidad media – regiones, Estados y lugares que pueden, o no, poseer experiencia en PBN, pero que se beneficiarían de la introducción de procedimientos nuevos o mejorados. No obstante, muchos de estos lugares pueden tener dificultades ambientales y operacionales que se agregarán a las complejidades de la elaboración y aplicación de procedimientos; y a) complejidad máxima – las regiones, Estados y lugares de esta categoría serán los que encuentren más difícil y complejo introducir operaciones PBN integradas y optimizadas. Los volúmenes de tránsito y las limitaciones del espacio aéreo son complejidades añadidas que deben enfrentarse. Los cambios operacionales en estas áreas pueden tener consecuencias profundas en todo el Estado, la región o el lugar.	
Componentes del concepto mundial según el Doc 9854	AUO – operaciones de usuarios del espacio aéreo TS – sincronización del tránsito AOM – organización y gestión del espacio aéreo	
Iniciativas del Plan mundial (IPM)	IPM 5: navegación de área/performance de navegación requerida (RNAV/RNP) (navegación basada en la performance) IPM-10: diseño y gestión del área terminal IPM-11: salidas normalizadas por instrumentos (SID) y llegadas normalizadas por instrumentos (STAR) con RNP y RNAV	
Interdependencias principales	Relación con B0-20	
		<i>Situación (disponible ahora o fecha prevista).</i>

Lista de verificación del estado de preparación mundial	Estado de preparación de las normas	√
	Disponibilidad de la aviónica	√
	Disponibilidad de la infraestructura	√
	Disponibilidad de los sistemas terrestres	√
	Procedimientos disponibles	√
	Aprobaciones de operaciones	√

1. NARRATIVA

1.1 Generalidades

1.1.1 Este módulo se integra con otros relativos al espacio aéreo y procedimientos [operaciones de descenso continuo (CDO), navegación basada en la performance (PBN) y gestión del espacio aéreo] para aumentar la eficiencia, la seguridad operacional, el acceso y la posibilidad de predecir; y minimizar el consumo de combustible, las emisiones y el ruido.

1.1.2 A medida que aumenta la demanda de tránsito, los desafíos en las áreas terminales se concentran en el volumen, las condiciones meteorológicas peligrosas (como la turbulencia fuerte y la mala visibilidad), los aeropuertos adyacentes y el espacio aéreo de actividad especial en estrecha proximidad y cuyos procedimientos se aplican en el mismo espacio aéreo, así como las políticas que limitan la capacidad, el caudal y la eficiencia.

1.1.3 La afluencia y el volumen del tránsito (a través de las rutas de ingreso y egreso) no siempre son bien medidos, equilibrados o previsibles. Las maniobras para evitar obstáculos y partes del espacio aéreo (en forma de mínimas y criterios de separación), procedimientos de atenuación del ruido, así como mitigación del riesgo de encuentro con estelas turbulentas, tienden a producir ineficiencias operacionales (p. ej., mayor tiempo o mayor distancia de vuelo y, con ello, más combustible).

1.1.4 Las rutas ineficientes también pueden provocar la subutilización de la capacidad disponible de aeródromos y espacio aéreo. Finalmente, los Estados enfrentan retos al prestar servicio a múltiples clientes (internacionales y nacionales con diversas capacidades): la mezcla de tránsito comercial, de negocios, aviación general y, muchas veces, militar destinado a aeropuertos dentro de un área terminal y que interactúa con las operaciones de los otros sectores, y a veces las inhibe.

1.2 Línea de base

1.2.1 Las operaciones de vuelo en muchas áreas terminales precipitan la mayoría de las actuales demoras en el espacio aéreo en muchos Estados. Las oportunidades para optimizar el caudal, mejorar la flexibilidad, permitir la ejecución de perfiles de ascenso y de descenso eficientes en cuanto a combustible y de aumentar la capacidad en las zonas más congestionadas deberían ser una iniciativa de alta prioridad a corto plazo.

1.2.2 La línea de base de este módulo puede variar de un Estado, región o lugar al siguiente. Cabe señalar el hecho de que algunos aspectos del cambio a PBN ya han sido objeto de mejoras locales en muchas áreas; y estas áreas y los correspondientes usuarios ya están logrando beneficios.

1.2.3 La falta de textos de orientación de la OACI sobre aprobación operacional para PBN y posteriormente el surgimiento de textos de aprobación de Estados o regiones que pueden diferir o incluso ser más exigentes de lo previsto, hace más lenta la implantación y se percibe como uno de los obstáculos principales para la armonización.

1.2.4 Resta todavía una labor que realizar para armonizar la nomenclatura PBN, especialmente en las cartas y en los reglamentos de los Estados y regionales (p. ej., la mayoría de los reglamentos europeos todavía mencionan la navegación de área básica (B-RNAV) y la navegación de área de precisión (P-RNAV).

1.2.5 La eficiencia de los perfiles de ascenso puede verse comprometida por los tramos horizontales, el uso de vectores y una sobrecarga adicional de las transmisiones de radio entre pilotos y controladores de tránsito aéreo. Las técnicas de diseño de procedimientos existentes no tienen en cuenta la capacidad FMS actual para gestionar los perfiles de ascenso más eficientes. También existe un uso excesivo de transmisiones de radio debido a la necesidad de dar guía vectorial a las aeronaves para hacer lugar a sus trayectorias preferidas.

1.3 Cambios introducidos por el módulo

1.3.1 Las capacidades centrales que deberían destacarse son RNAV, RNP cuando se necesite, CDO, cuando sea posible, mayores eficiencias en las reglas de separación terminal en el espacio aéreo, diseño y clasificación eficaces del espacio aéreo, afluencia por el control de tránsito aéreo (ATC) y vigilancia del ATC. Las oportunidades para reducir las consecuencias de las emisiones y del ruido de las aeronaves también deberían destacarse cuando fuera posible.

1.3.2 Este módulo es un primer paso hacia la armonización y una mejor organización y gestión del espacio aéreo. Muchos Estados necesitarán asistencia para la implantación. La implantación inicial de PBN, por ejemplo RNAV, aprovecha la tecnología y la aviónica terrestres existentes y permite extender la colaboración de los proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP) con otros socios: sector militar, usuarios del espacio aéreo y Estados vecinos. La aplicación de medidas pequeñas y requeridas, y solamente realizando lo necesario, permitirá a los Estados explotar rápidamente la PBN.

1.4 Otras observaciones

1.4.1 La operación al nivel de vuelo óptimo es un habilitador importante para mejorar la eficiencia de los vuelos en cuanto al combustible y minimizar las emisiones en la atmósfera. Una gran parte del consumo de combustible tiene lugar en la fase de ascenso y, para una determinada longitud de ruta, si se tienen en cuenta la masa de la aeronave y las condiciones meteorológicas del vuelo se logrará un nivel de vuelo óptimo que aumentará gradualmente a medida que se consume el combustible a bordo y con ello se reduce la masa de la aeronave. Por consiguiente, si la aeronave puede alcanzar y mantener su nivel de vuelo óptimo sin interrupciones ello contribuirá a optimizar la eficiencia en cuanto al combustible y a reducir las emisiones durante el vuelo.

1.4.2 La CCO puede reducir el ruido, el consumo de combustible y las emisiones, y aumentar al mismo tiempo la estabilidad del vuelo y la previsibilidad de la trayectoria de vuelo para controladores y pilotos.

1.4.3 La CCO es una técnica de operación de aeronaves ayudada por un diseño apropiado del espacio aéreo y de los procedimientos y autorizaciones apropiados del control de tránsito aéreo (ATC)

que habilitan la ejecución de un nivel de vuelo optimizado acorde con la capacidad operacional de la aeronave, lo que reduce el consumo de combustible y las emisiones durante la fase de ascenso del vuelo.

1.4.4 El perfil vertical óptimo es una trayectoria de ascenso continuo, con un mínimo de tramos de vuelo horizontal, solamente según se necesite, para acelerar y configurar la aeronave.

1.4.5 El ángulo de trayectoria vertical óptimo variará dependiendo del tipo de aeronave, su peso real, el viento, la temperatura del aire, la presión atmosférica, las condiciones de engelamiento y otras consideraciones de carácter dinámico.

1.4.6 Una CCO puede realizarse con o sin el apoyo de una trayectoria de vuelo vertical generada por computadora [es decir la función de navegación vertical (VNAV) del sistema de gestión de vuelo (FMS)] y con o sin una trayectoria lateral fija. El máximo beneficio para cada vuelo se logra permitiendo que la aeronave ascienda con el perfil de ascenso más eficiente a lo largo de la más breve distancia de vuelo total posible.

2. MEJORA PREVISTA DE LA PERFORMANCE OPERACIONAL

<i>Eficiencia</i>	Economías de costos mediante un menor consumo de combustible y perfiles eficientes de operación de las aeronaves. Reducción del número de transmisiones de radio necesarias.
<i>Medio ambiente</i>	Autorización de operaciones donde las limitaciones en cuanto al ruido habrían resultado en la reducción o restricción de las mismas. Beneficios ambientales gracias a la reducción de las emisiones.
<i>Seguridad operacional</i>	Trayectorias de vuelo más coherentes. Reducción del número de transmisiones de radio necesarias. Menor carga de trabajo para pilotos y controladores de tránsito aéreo.
<i>Análisis de costos/beneficios</i>	Es importante considerar que los beneficios de las CCO dependen en gran medida de cada entorno ATM específico. No obstante, si se implanta dentro del marco del Manual sobre CCO de la OACI, se prevé que la relación entre beneficios y costos (BCR) será positiva.

3. PROCEDIMIENTOS NECESARIOS (AIRE Y TIERRA)

3.1 En el *Manual de navegación basada en la performance (PBN)* (Doc 9613) de la OACI figura orientación general sobre la implantación de PBN.

3.2 En este manual se identifica la relación entre las aplicaciones RNAV y RNP y las ventajas y limitaciones de optar por una o la otra como requisito de navegación para un concepto de espacio aéreo.

3.3 También apunta a proporcionar orientación práctica a los Estados, ANSP y usuarios del espacio aéreo sobre cómo implantar las aplicaciones RNAV y RNP y cómo asegurarse de que los requisitos de performance son apropiados para la aplicación prevista.

3.4 El *Manual de operaciones de ascenso continuo (CCO)* de la OACI (Doc xxxx – en preparación) proporciona orientación sobre el diseño del espacio aéreo, procedimientos de vuelo por instrumentos, facilitación del ATC y técnicas de vuelo necesarias para habilitar perfiles de ascenso continuo.

3.5 Por lo tanto, proporciona información de antecedentes y guía de implantación para:

- a) proveedores de servicio de navegación aérea;
- b) explotadores de aeronaves;
- c) explotadores de aeropuertos; y
- d) reglamentadores de aviación.

4. **CAPACIDAD NECESARIA DEL SISTEMA**

4.1 **Aviónica**

4.1.1 La CCO no exige una tecnología de a bordo o terrestre específica. Es una técnica de operación de aeronaves ayudada por un diseño apropiado del espacio aéreo y de los procedimientos, y autorizaciones apropiadas del ATC que permiten la ejecución de un perfil de vuelo optimizado acorde con la capacidad operacional de la aeronave, en el cual la aeronave puede alcanzar la altitud de crucero volando a una velocidad aerodinámica óptima con reglajes de empuje de motores en ascenso establecidos para toda la fase de ascenso, reduciendo así el consumo total de combustible en las emisiones durante todo el vuelo. Alcanzando en menos tiempo los niveles de vuelo en crucero donde se logran mayores velocidades relativas también se reduce el tiempo total de vuelo entre calzos. Esto puede permitir una reducción en la carga inicial de combustible con los consiguientes beneficios en cuanto a menor consumo de combustible, menos ruido y menos emisiones.

4.1.2 El perfil vertical óptimo es una trayectoria de ascenso continuo. Todo tramo horizontal o con velocidad de ascenso reducida no óptima durante el ascenso para satisfacer requisitos de separación entre aeronaves debería evitarse. El logro de esto mientras se habilita la CDO depende críticamente del diseño del espacio aéreo y de las ventanas de altura aplicadas en el procedimiento de vuelo por instrumento. Estos diseños requieren la comprensión de los perfiles óptimos para las aeronaves que operan en el aeropuerto a efectos de asegurar que las ventanas de altura evitan, en la mayor medida posible, la necesidad de resolver posibles conflictos entre las corrientes de tránsito de llegada y de salida mediante limitaciones de altura o velocidad impuestas por el ATC.

4.2 **Sistemas terrestres**

4.2.1 Los controladores se beneficiarían de algún apoyo de sistemas automáticos para presentar la capacidad de las aeronaves a efectos de conocer lo que puede hacer cada una.

5. **ACTUACIÓN HUMANA**

5.1 **Consideraciones de factores humanos**

5.1.1 Los factores humanos se han tenido en cuenta durante la elaboración de procesos y procedimientos relacionados con este módulo. Cuando se prevé la automatización, se ha considerado la interfaz humano-máquina tanto desde la perspectiva funcional como ergonómica (véanse los ejemplos de la Sección 6). No obstante, sigue existiendo la posibilidad de fallas latentes y se requiere atención durante toda la actividad de implantación. Además, se ha pedido que cualquier problema relacionado con factores humanos que se identifique durante la implantación se notifique a la comunidad internacional, por conducto de la OACI, como parte de cualquier iniciativa de notificación sobre seguridad operacional.

5.2 Requisitos de instrucción y competencia

5.3 Para este módulo se necesita instrucción en normas y procedimientos operacionales, que puede encontrarse en los enlaces con los documentos que se presentan en la Sección 8. Análogamente, los requisitos de competencia se identifican en los requisitos normativos de la Sección 6 que constituyen parte integral de la implantación de este módulo.

6. NECESIDADES DE REGLAMENTACIÓN Y NORMALIZACIÓN Y PLAN DE APROBACIÓN (AIRE Y TIERRA)

- Reglamentación/normalización: utilización de requisitos publicados actualmente que comprenden los textos indicados en la Sección 8.4.
- Planes de aprobación: deben corresponder a los requisitos de aplicación.

6.1 Es importante comprender el contexto de políticas para apoyar la implantación local de CCO y asegurar elevados niveles de participación. La CCO puede ser un objetivo estratégico a nivel internacional, estatal o local y, como tal, puede iniciar una revisión de la estructura del espacio aéreo cuando se la combina con CDO.

6.2 Por ejemplo, la producción de curvas de ruido puede basarse en un procedimiento de salida específico [procedimiento de salida para atenuación del ruido 1 (NADP1) o (NADP2)]. La performance acústica puede mejorarse en algunas áreas en torno del aeropuerto, pero puede afectar las curvas de ruido existentes en otras partes. Análogamente, la CCO puede habilitar varios objetivos estratégicos específicos que han de satisfacerse y, por lo tanto, su inclusión debería considerarse dentro de todo concepto o rediseño del espacio aéreo. En el *Manual de navegación basada en la performance (PBN)* (Doc 9613) figura orientación sobre conceptos de espacio aéreo y objetivos estratégicos. Los objetivos son determinados normalmente mediante colaboración entre usuarios del espacio aéreo, ANSP y explotadores de aeropuertos, así como por las políticas gubernamentales. Cuando un cambio podría tener consecuencias sobre el medio ambiente, la elaboración de un concepto de espacio aéreo podría involucrar a las comunidades locales, autoridades de planificación y gobierno local, y podría exigir una evaluación oficial del impacto reglamentada. Dicha participación también podría darse en la fijación de los objetivos estratégicos para el espacio aéreo. El concepto de espacio aéreo y el concepto de operaciones tienen la función de responder a estos requisitos en forma equilibrada y con visión de futuro, encarando las necesidades de todos los interesados y no solamente de uno de ellos (p. ej., el medio ambiente). En el Doc 9613, Parte B, Orientación para la implantación, se detalla la necesidad de una colaboración eficaz entre estas entidades.

6.3 En el caso de la CCO, la elección de un procedimiento de salida (tipo NADP1 o NADP2) requiere una decisión respecto a la dispersión del ruido. Además de una evaluación de la seguridad operacional, debería elaborarse una evaluación transparente del impacto de las CCO sobre otras operaciones de tránsito aéreo y el medio ambiente y ponerse a disposición de todas las partes interesadas.

7. ACTIVIDADES DE IMPLANTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN (AL MOMENTO DE REDACTARSE LA PRESENTE NOTA)

7.1 Uso actual

- **Estados Unidos:** se están elaborando actualmente procedimientos para incorporar perfiles de ascenso optimizados como parte del desarrollo de procedimientos y el espacio aéreo.

7.2 Actividades planificadas o en marcha

- **Estados Unidos:** ninguna por el momento.

8. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

8.1 Procedimientos

- OACI Doc 8168, *Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Operación de aeronaves*
- OACI Doc 4444, *Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Gestión del tránsito aéreo*
- OACI Doc 9613, *Manual de navegación basada en la performance (PBN)*
- OACI Doc xxxx, *Manual de operaciones de ascenso continuo (CCO)* (en elaboración)

8.2 Documentos de aprobación

- OACI Doc xxxx, *Manual de operaciones de ascenso continuo (CCO)* (en elaboración)
- OACI Doc 9613, *Manual de navegación basada en la performance (PBN)*
- OACI Doc 4444, *Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Gestión del tránsito aéreo*

— — — — —

APÉNDICE C

MÓDULO NÚM. B1-05: MAYOR FLEXIBILIDAD Y EFICIENCIA EN LOS PERFILES DE DESCENSO (CDO) UTILIZANDO VNAV

Resumen	Mejorar la precisión de la trayectoria de vuelo vertical durante el descenso y la llegada y permitir que las aeronaves realicen un procedimiento de llegada que no dependa del equipo terrestre para su guía vertical. El beneficio principal es una mejor utilización de los aeropuertos, una mayor eficiencia en cuanto al combustible, el incremento de la seguridad operacional mediante una mejor previsibilidad de los vuelos y la reducción de las transmisiones de radio así como una mejor utilización del espacio aéreo.	
Principal impacto en la performance según el Doc 9854	KPA-02 – Capacidad, KPA-04 – Eficiencia, KPA-06 – Posibilidad de predecir, KPA-10 – Seguridad operacional	
Entorno operacional/fases de vuelo	Descenso, llegada, vuelo en áreas terminales	
Consideraciones de aplicabilidad		
Componente(s) del concepto mundial según el Doc 9854	AO – operaciones de aeródromos AOM – organización y gestión del espacio aéreo AUO – operaciones de usuarios del espacio aéreo CM – gestión de conflictos DCB – equilibrio entre demanda y capacidad TS – sincronización del tránsito aéreo	
Iniciativas del Plan mundial (IPM)	IPM-2: separación vertical mínima reducida IPM-5: navegación de área (RNAV) y performance de navegación requerida (RNP) (navegación basada en la performance) IPM-9: conciencia situacional IPM-10: diseño y gestión del área terminal IPM-11: salidas normalizadas por instrumentos (SID) y llegadas normalizadas por instrumentos (STAR) con RNP y RNAV	
Interdependencias principales	B0-05	
Lista de verificación del estado de preparación mundial		Situación (disponible ahora o fecha prevista).
	Estado de preparación de las normas	2018
	Disponibilidad de la aviónica	√
	Disponibilidad de los sistemas terrestres	2018
	Procedimientos disponibles	√
	Aprobaciones de operaciones	2018

1. NARRATIVA

1.1 Generalidades

1.1.1 La PBN con navegación vertical (VNAV) es una capacidad basada en altimetría que permite a una aeronave equipada descender con precisión en una trayectoria vertical, calculada por la computadora de gestión de vuelo (FMC), con una tolerancia establecida en pies proporcionando al mismo tiempo a la tripulación de vuelo información sobre performance de navegación mediante la aviónica de vigilancia y alerta. El sistema tiene un reglaje inicial de tolerancia establecido por cada explotador, pero la tripulación puede seleccionar una nueva tolerancia (p. ej., 75 ft en el área terminal).

1.2 Línea de base

1.2.1 La línea de base para este bloque es el mejor perfil de descenso del vuelo posibilitado por el bloque B0-5. Este bloque es un componente de las operaciones basadas en la trayectoria (TBO).

1.3 Cambios introducidos por el módulo

1.3.1 La VNAV contribuye al diseño y eficiencia del espacio aéreo terminal debido a la capacidad de la aeronave de mantener una trayectoria vertical durante el descenso lo que permite contra corredores verticales para el tránsito que ingresa y egresa. Otras ventajas comprenden la reducción de los tramos horizontales, una mejor precisión vertical en el espacio aéreo terminal, la solución de conflictos de procedimientos de llegada y salida y corrientes de tránsito en los aeropuertos adyacentes y la capacidad de la aeronave de volar según un procedimiento de aproximación que no depende del equipo terrestre para la navegación vertical. En última instancia, conduce a una mejor utilización de los aeropuertos.

2. MEJORA PREVISTA DE LA PERFORMANCE OPERACIONAL

2.1 En el *Manual sobre la actuación mundial del sistema de navegación aérea* (Doc 9883) se proponen métricas para determinar el éxito del módulo.

<i>Capacidad</i>	La PBN con VNAV permite contar con mayor exactitud en la operación de descenso continuo (CDO). Esta capacidad permite ampliar las aplicaciones de los procedimientos normalizados de llegada y salida para mejorar la capacidad y el caudal del tránsito y mejora también la implantación de aproximaciones de precisión.
<i>Eficiencia</i>	La posibilidad de que la aeronave mantenga una trayectoria vertical durante el descenso permite elaborar corredores verticales para el tránsito de llegada y de salida aumentando así la eficiencia del espacio aéreo. Además, VNAV promueve el uso eficiente del espacio aéreo gracias a la capacidad de las aeronaves de volar un perfil de descenso con límites más exactos, lo que habilita la posibilidad de reducir más aún la separación y aumentar la capacidad.
<i>Previsibilidad</i>	VNAV permite mejorar la previsibilidad de las trayectorias de vuelo lo que conduce a una mejor planificación de vuelos y flujo.
<i>Seguridad operacional</i>	El seguimiento preciso en altitud a lo largo de una trayectoria de descenso vertical conduce a mejoras en la seguridad operacional total del sistema.
<i>Análisis de costos/beneficios</i>	Mejora de la seguridad operacional: vuelos con perfiles verticales más precisos. Eficiencia: VNAV contribuye a la eficiencia del espacio aéreo terminal permitiendo

	que la aeronave mantenga una trayectoria vertical durante el descenso. Esto permite a su vez establecer corredores verticales para el tránsito de llegada y salida lo que aumenta la eficiencia del espacio aéreo. La RNP vertical también constituirá la base del mayor uso de perfiles optimizados y de descenso continuo. Aspectos económicos: VNAV permite reducir los tramos de vuelo horizontal de las aeronaves, lo que resulta en economías de combustible y tiempo.
--	--

3. **PROCEDIMIENTOS NECESARIOS (AIRE Y TIERRA)**

3.1 Las tripulaciones de vuelo necesitan instrucción en el uso adecuado de las funciones VNAV del FMC. Los procedimientos normalizados orientan a las tripulaciones de vuelo respecto de las tolerancias de altitud que pueden seleccionarse para una fase de vuelo particular.

3.2 Se necesitan nuevos procedimientos e instrucciones de llegada utilizados en tierra para lograr el uso máximo de esta capacidad.

4. **CAPACIDAD NECESARIA DEL SISTEMA**

4.1 **Aviónica**

4.1.1 La capacidad de navegación vertical barométrica (Baro-VNAV) está contenida en la computadora de gestión de vuelo.

4.2 **Sistemas terrestres**

4.2.1 Los controladores se beneficiarían de contar con cierto apoyo automático para presentar las capacidades de las aeronaves a efectos de conocer aquellas que pueden apoyar las CDO.

5. **ACTUACIÓN HUMANA**

5.1 **Consideraciones de factores humanos**

5.1.1 La identificación de consideraciones de factores humanos es un habilitador importante para identificar procesos y procedimientos correspondientes a este módulo. En particular, la interfaz humano-máquina para los aspectos de automatización de esta mejora de la performance deberá considerarse y, cuando sea necesario, acompañarse con estrategias de mitigación de riesgos como instrucción, educación y redundancia.

5.2 **Requisitos de instrucción y competencia**

5.2.1 La instrucción en normas y procedimientos operacionales se identificará conjuntamente con las normas y métodos recomendados necesarios para la implantación de este módulo. Análogamente, los requisitos de competencia se identificarán e incluirán en los aspectos normativos del estado de preparación de este módulo cuando estén disponibles.

6. NECESIDADES DE REGLAMENTACIÓN Y NORMALIZACIÓN Y PLAN DE APROBACIÓN (AIRE Y TIERRA)

- Reglamentación/normalización: utilización de los criterios publicados actuales que comprenden los textos indicados en la Sección 8.4.
- Planes de aprobación: deben corresponder a los requisitos de aplicación, p. ej., operaciones y procedimientos que requieren performance y guía vertical.
- Análisis: la disponibilidad de RNP vertical es mejor que el 99,9%/hora para una única instalación FMC. Desde el punto de vista de la certificación de equipos, es probable la pérdida de la función. La instalación de equipo redundante apoya, donde sea necesario, la improbable pérdida de función.

7. ACTIVIDADES DE IMPLANTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN (AL MOMENTO DE REDACTARSE LA PRESENTE NOTA)

7.1 Uso actual

7.1.1 Operaciones de descenso continuo

Estados Unidos – Los descensos con perfil optimizado (OPD) están implantados actualmente en el Aeropuerto internacional Los Ángeles (KLAX), Aeropuerto internacional Charlotte/Douglas (KCLT), Aeropuerto internacional Minneapolis-St. Paul (KMSP), Aeropuerto internacional Sky Harbor de Phoenix (KPHX) y Aeropuerto internacional de Las Vegas (KLAS).

7.1.2 Navegación basada en la performance

Estados Unidos – Actualmente se están elaborando nuevos procedimientos para Metroplexes en los Estados Unidos a efectos de incorporar en las operaciones elementos de PBN como las trayectorias en curva. La elaboración de procedimientos para los Metroplex North Texas y Washington DC quedará completa en 2013. La implantación para estos dos sitios tendrá lugar en 2014-2015.

7.2 Actividades planificadas o en marcha

- **Estados Unidos** – La VNAV fue demostrada como parte de los ensayos de FM 4D en 2011.
- **SESAR**: Ensayos sobre CDO avanzada y la integración de 4D inicial con procedimientos de aproximación de descenso continuo y gestión de llegadas en el marco 2012-2013.

8. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

8.1 Normas

- EUROCAE ED-75B, MASPS Required Navigation Performance for Area Navigation
- RTCA DO-236B, Minimum Aviation System Performance Standards: Required Navigation Performance for Area Navigation
- Boeing Document D6-39067-3, RNP Capability of FMC Equipped 737, Generation 3

- Boeing Document D243W018-13 Rev D, 777 RNP Navigation Capabilities, Generation 1

8.2 **Textos de orientación**

OACI Doc 9931, *Manual de operaciones de descenso continuo (CDO)*

8.3 **Documentos de aprobación**

- FAA AC20-138
- EASA AMC20-27

— — — — —

APÉNDICE D

MÓDULO NÚM. B2-05: MAYOR FLEXIBILIDAD Y EFICIENCIA EN LOS PERFILES DE DESCENSO (CDO) UTILIZANDO VNAV, VELOCIDAD REQUERIDA Y HORA DE LLEGADA REQUERIDA

Resumen	Se hace hincapié especial en el uso de procedimientos de llegada que permitan a la aeronave aplicar poco o ningún mando de gases en áreas en que los niveles de tránsito habrían prohibido esta operación. Este bloque considerará la complejidad del espacio aéreo, la carga de trabajo del control del tránsito aéreo y el diseño de procedimientos para permitir llegadas optimizadas en espacios aéreos densos.	
Principal impacto en la performance según el Doc 9854	KPA-02 – Capacidad, KPA-04 – Eficiencia, KPA-05 – Medio ambiente; KPA-06 – Flexibilidad, KPA-10 – Seguridad operacional	
Entorno operacional/fases de vuelo	En ruta, área terminal, descenso	
Consideraciones de aplicabilidad	A nivel mundial, espacio aéreo de densidad elevada (basándose en los procedimientos de la FAA de los Estados Unidos)	
Componente(s) del concepto mundial según el Doc 9854	AOM – organización y gestión del espacio aéreo AUO – operaciones de usuarios del espacio aéreo TS – sincronización del tránsito	
Iniciativas del Plan mundial (IPM)	IPM-5: navegación de área (RNAV) y performance de navegación requerida (RNP) (navegación basada en la performance) IPM-9: conciencia situacional IPM-11: salidas normalizadas por instrumentos (SID) y llegadas normalizadas por instrumentos (STAR) con RNP y RNAV	
Interdependencias principales	B1-05, B0-20, B1-40	
Lista de verificación del estado de preparación mundial		Situación (disponible ahora o fecha prevista)
	Estado de preparación de las normas	√
	Disponibilidad de la aviónica	2023
	Disponibilidad de los sistemas terrestres	2023
	Procedimientos disponibles	2023
	Aprobaciones de operaciones	2023

1. NARRATIVA

1.1 Generalidades

1.1.1 Las llegadas optimizadas en el espacio aéreo denso integran capacidades que proporcionarán una mejor utilización de las llegadas de descenso continuo en los espacios aéreos muy congestionados. Entre esos aspectos principales de los procedimientos optimizados para espacios aéreos densos figuran los siguientes:

- a) procedimientos de llegada que permitan a la aeronave volar según una trayectoria vertical eficiente desde el espacio aéreo en ruta hasta la aproximación final;
- b) se aplica poco o ningún mando de gases durante todo el descenso, con tramos horizontales momentáneos para reducir la velocidad de la aeronave, según lo exijan las restricciones del espacio aéreo;
- c) automatización de la gestión de la afluencia que permite al control del tránsito aéreo gestionar aeronaves que realizan llegadas optimizadas con tránsito transversal y de salida y otro tránsito de llegada;
- d) automatización del puesto de pilotaje que permite a las aeronaves escoger libremente el comienzo del descenso y el perfil de descenso sobre la base del estado de la aeronave de las condiciones meteorológicas;
- e) los controladores en ruta y de terminal dependen de la automatización para identificar conflictos y en última instancia proponer resoluciones de los mismos;
- f) las operaciones RNAV eliminan el requisito de que las rutas sean definidas por el emplazamiento de las ayudas para la navegación, permitiendo la flexibilidad de las operaciones de aeronave punto a punto;
- g) las operaciones RNP introducen el requisito de poder vigilar y alterar la performance a bordo. Una característica crítica de las operaciones RNP es la capacidad del sistema de navegación de la aeronave de vigilar su performance de navegación lograda para una operación específica e informar a la tripulación de vuelo si se ha satisfecho el requisito operacional;
- h) la base de la operación es una trayectoria tridimensional exacta que se comparte entre los usuarios del sistema aeronáutico. Esto proporciona información exacta de latitud, longitud y altitud a los usuarios del espacio aéreo; y
- i) se dispone en todo el sistema de información coherente y actualizada que describe los vuelos y la afluencia del tránsito aéreo, para apoyar tanto las operaciones de usuarios como de proveedores de servicios.

1.2 Línea de base

1.2.1 La línea de base para este módulo es una gestión mejorada del perfil de vuelo de descenso y de la complejidad mediante la ejecución de los módulos B1-05, B1-35 y B1-10. Las llegadas optimizadas son un componente de las iniciativas de las operaciones basadas en la trayectoria (TBO). Se dispone de capacidades de apoyo a la toma de decisiones que se integran para ayudar a la tripulación de la aeronave y a los proveedores de separación de tránsito aéreo a tomar mejores decisiones y optimizar el perfil de llegada. Se dispone de información coherente para los usuarios sobre trayectorias en 3D a efectos de apoyar la toma de decisiones de gestión del tránsito aéreo (ATM).

1.3 Cambios introducidos por el módulo

1.3.1 Este modulo permite ampliar la línea de base, con énfasis en la ejecución de descensos económicos en espacios aéreos con mucha densidad de tránsito. Las ventajas de estas operaciones basadas en la trayectoria comprenden el logro de economías de combustible y la reducción del ruido y de las emisiones manteniendo las aeronaves en altitudes mayores y a menores niveles de empuje que las

aproximaciones escalonadas tradicionales. La simplificación de las rutas utilizando llegadas optimizadas también puede reducir el número de transmisiones de radio entre la tripulación de la aeronave y los controladores.

1.3.2 Entre otras ventajas de estas operaciones en el espacio aéreo denso están el logro de niveles deseados de volumen y caudal de tránsito permitiendo al mismo tiempo economizar combustible y reducir el ruido. Una hipótesis tradicional es que el uso de llegadas optimizadas reducirá el caudal en espacios aéreos densos, o que no podría lograrse en absoluto debido a las complejidades creadas en la puesta en secuencia de las llegadas optimizadas con llegadas no optimizadas, salidas y tránsito transversal.

1.3.3 La capacidad de la aeronave de realizar con exactitud una llegada optimizada, conjuntamente con la información de estado e intención enviada desde la aeronave a los sistemas automáticos ATC, aumentarán la exactitud de la modelización de las trayectorias y de la predicción de problemas.

1.4 Otros aspectos

1.4.1 Este módulo continúa la evolución del diseño de procedimientos RNAV y RNP en el espacio aéreo denso y la evolución de la automatización utilizada para apoyar la toma de decisiones tanto para las tripulaciones de vuelo como para los controladores de tránsito aéreo.

1.5 Elemento 1: Modelización exacta de la trayectoria

1.5.1 Este elemento se concentra en la obtención del modelo de trayectoria más exacto para uso de todos los sistemas automáticos. Esto comprende información de posición exacta, información de autorizaciones y el uso de resoluciones automáticas que reducen la carga de trabajo del controlador.

1.6 Elemento 2: Capacidades de aeronave avanzadas

1.6.1 Este elemento se concentrará en las capacidades en el puesto de pilotaje que permitan la selección de la trayectoria óptima y la capacidad de ejecutar procedimientos RNAV y RNP punto a punto. Este elemento también examinará la automatización en el puesto de pilotaje que permite que la aeronave se separe automáticamente y evite conflictos potenciales. Este elemento se concentrará en la elaboración de normas armonizadas mundialmente para el intercambio de datos de trayectoria entre los sistemas de aviónica terrestre y de a bordo como el sistema de gestión de frecuencias (FMS).

1.7 Elemento 3: Gestión de la afluencia del tránsito y medición basada en el tiempo

1.7.1 Este elemento armonizará la automatización de la gestión de la afluencia de tránsito que continuamente predice la demanda y la capacidad de todos los recursos del sistema e identificará el momento en que se prevé que el riesgo de congestión para cualquier recurso (aeropuerto o espacio aéreo) superará un nivel aceptable. La gestión del tránsito adoptará medidas como los cambios de ruta de último momento y la medición de los tiempos hasta los recursos congestionados. El elemento de resolución de problemas creará una solución que satisfaga todas las limitaciones del sistema.

2. MEJORA PREVISTA DE LA PERFORMANCE OPERACIONAL

2.1 En el *Manual sobre la actuación mundial del sistema de navegación aérea* (Doc 9883) se proponen métricas para determinar el éxito del módulo.

<i>Capacidad</i>	Mejor uso del espacio aéreo terminal. Puede hacerse lugar a elevados niveles de tránsito permitiendo al mismo tiempo el uso de los mejores descensos económicos que reduzcan el consumo de combustible, las emisiones y el ruido. La capacidad aumentará mediante una capacidad mejorada de planificar flujos hacia y desde el aeropuerto.
<i>Eficiencia</i>	El tiempo en vuelo puede reducirse gracias a medios automáticos que mejoren la toma de decisiones y la selección de una trayectoria preferida.
<i>Medio ambiente</i>	Los usuarios ejecutarán perfiles de llegada y descenso más eficientes en cuanto al combustible y al ruido.
<i>Flexibilidad</i>	Los usuarios podrán seleccionar la trayectoria de llegada que mejor se ajusta a la aeronave con arreglo a las condiciones del tránsito, las condiciones meteorológicas y el estado de la misma.
<i>Seguridad operacional</i>	Utilización de descensos económicos sin sacrificar la seguridad operacional gracias a una mejor gestión del espacio aéreo y de los sistemas automáticos para ayudar en la separación de las aeronaves.
<i>Análisis de costos/beneficios</i>	Los principales elementos del análisis de rentabilidad cualitativos de este módulo son los siguientes: a) capacidad: puede hacerse lugar a vuelos adicionales en el espacio aéreo terminal debido a la reducción de la carga de trabajo del controlador y a una mejor modelización o planificación de las trayectorias; b) eficiencia: los usuarios ejecutarán perfiles de descenso y llegada más eficientes en cuanto al combustible y al ruido; c) seguridad operacional: ejecución de descensos económicos sin sacrificar la seguridad operacional; y d) flexibilidad: los usuarios contarán con mayor flexibilidad para seleccionar la trayectoria de vuelo que mejor se ajuste a sus necesidades.

3. PROCEDIMIENTOS NECESARIOS (AIRE Y TIERRA)

3.1 En el marco de las medidas estratégicas, ya existen básicamente los procedimientos necesarios para que los proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP) y los usuarios colaboren en la toma de decisiones sobre trayectorias de vuelo. Deberán elaborarse ampliaciones de estos procedimientos para reflejar el uso de mayores capacidades de automatización de apoyo a la toma de decisiones, incluyendo la negociación entre sistemas automáticos. El uso de la vigilancia dependiente automática-radiodifusión/presentación de información de tránsito en el puesto de pilotaje (ADS-B/CDTI) y otras capacidades en el puesto de pilotaje para apoyar la forma de evitar otras aeronaves todavía se está investigando y requerirá la elaboración de procedimientos, incluyendo las funciones de los ANSP. Deberán elaborarse normas internacionales para el intercambio de información entre sistemas en apoyo de estas operaciones. Estos comprenden la elaboración de normas mundiales para el intercambio de información de trayectoria, incluyendo la hora de llegada requerida y la velocidad de llegada requerida, entre los sistemas terrestres y de a bordo en apoyo de la introducción prevista en el Módulo No B3-05.

4. CAPACIDAD NECESARIA DEL SISTEMA

4.1 Aviónica

4.1.1 Para ayudar en la modelización de las trayectorias y en la toma de decisiones sobre separación requerida se necesita el continuo desarrollo de la automatización tanto en el puesto de pilotaje como para los ANSP. Existen capacidades basadas en la aeronave, como ADS-B/CDTI, pero todavía se están desarrollando aplicaciones que apoyen los objetivos de este módulo.

4.2 Sistemas terrestres

4.2.1 Para ayudar en la modelización de las trayectorias y en la toma de decisiones sobre separación requerida se necesita el continuo desarrollo de la automatización tanto en el puesto de pilotaje como para los ANSP. Además, el desarrollo de tecnología que proporcione estrategias de mitigación de conflictos o conflictos potenciales también contribuirá a lograr perfiles optimizados en espacios aéreos densos.

5. ACTUACIÓN HUMANA

5.1 Consideraciones de factores humanos

5.1.1 Este módulo se encuentra todavía en la etapa de investigación y desarrollo de modo que las consideraciones de factores humanos todavía están en proceso de identificación mediante modelización y ensayos beta. Futuras iteraciones de este documento serán más específicas sobre los procesos y procedimientos necesarios para tener en cuenta las consideraciones de factores humanos. Se registrará un énfasis particular en la identificación de problemas de la interfaz humano-máquina, en caso de haberlos, y en proporcionar las estrategias de mitigación de altos riesgos para abordarlos.

5.2 Requisitos de instrucción y competencia

5.2.1 En última instancia este módulo contendrá varios requisitos de instrucción de personal. Cuando estos se elaboren, se incluirán en la documentación de apoyo de este módulo y se destacará su importancia. Análogamente, todo requisito de competencia recomendado pasará a ser parte de las necesidades de reglamentación antes de implantarse esta mejora de la performance.

6. NECESIDADES DE REGLAMENTACIÓN Y NORMALIZACIÓN Y PLAN DE APROBACIÓN (AIRE Y TIERRA)

- Reglamentación/normalización: se necesitan nuevas normas y criterios actualizados que comprendan:
 - Normas mundiales para intercambio de información sobre trayectorias
 - OACI Doc 8168, *Operación de aeronaves*
 - OACI Doc 4444, *Procedimientos para los servicios de navegación aérea— Gestión del tránsito aéreo*; autorización para utilizar una llegada optimizada
- Planes de aprobación: se determinarán

7. ACTIVIDADES DE IMPLANTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN (AL MOMENTO DE REDACTARSE LA PRESENTE NOTA)

7.1 Uso actual

7.1.1 Las llegadas optimizadas se están utilizando actualmente en los siguientes aeropuertos de los Estados Unidos en espacios aéreos densos:

- a) Aeropuerto internacional Los Ángeles (KLAX);
- b) Aeropuerto internacional Sky Harbor de Phoenix (KPHX);
- c) Aeropuerto internacional Hartsfield de Atlanta (KATL); y
- d) Aeropuerto internacional de Las Vegas (KLAS).

7.2 Actividades planificadas o en marcha

- **Estados Unidos/Europa:** se está completando la labor actual para validar la performance de trayectoria requerida en apoyo de TBO avanzado.
- **Estados Unidos:** se está completando la simulación y modelización para validar la exactitud de la modelización de trayectorias.
- **Estados Unidos:** trabajos sobre FIXM/enlace de datos que se realizan con SESAR para normalizar datos de trayectoria.
- **Estados Unidos:** actualmente se están desarrollando sistemas de a bordo para cambio de ruta que proporcionará a las aeronaves una resolución de último momento de la congestión durante sucesos de ese tipo.

8. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

8.1 Textos de orientación

- OACI Doc 9931, *Manual de operaciones de descenso continuo (CDO)*.

8.2 Documentos de aprobación

- Normas mundiales para intercambio de información sobre trayectoria. (Se requiere actualización);
- OACI Doc 8168, *Operación de aeronaves*. (Se requiere actualización); y
- OACI Doc 4444, *Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Gestión del tránsito aéreo*; fraseología ATC/piloto.