

**Doc 9931**  
**AN/476**



# **Manual de operaciones de descenso continuo (CDO)**

---

Aprobado por el Secretario General  
y publicado bajo su responsabilidad

Primera edición — 2010

Organización de Aviación Civil Internacional



**Doc 9931**  
**AN/476**



# **Manual de operaciones de descenso continuo (CDO)**

---

Aprobado por el Secretario General  
y publicado bajo su responsabilidad

Primera edición — 2010

Organización de Aviación Civil Internacional

Publicado por separado en español, árabe, chino, francés, inglés y ruso, por la  
ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL  
999 University Street, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7

La información sobre pedidos y una lista completa de los agentes  
de ventas y librerías pueden obtenerse en el sitio web de la OACI:  
[www.icao.int](http://www.icao.int)

*Primera edición, 2010.*

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

Núm. de pedido: 9931  
ISBN 978-92-9231-863-5

© OACI 2011

Reservados todos los derechos. No está permitida la reproducción, de ninguna  
parte de esta publicación, ni su tratamiento informático, ni su transmisión, de  
ninguna forma ni por ningún medio, sin la autorización previa y por escrito de la  
Organización de Aviación Civil Internacional.





# ÍNDICE

	<i>Página</i>
Preámbulo .....	(vii)
Resumen .....	(ix)
Referencias .....	(xi)
Siglas .....	(xiii)
Definiciones.....	(xv)
 <b>Parte A. GENERALIDADES SOBRE LAS OPERACIONES DE DESCENSO CONTINUO</b>	
Capítulo 1. Descripción de las operaciones de descenso continuo.....	A-1-1
1.1 Introducción .....	A-1-1
1.2 Opción de diseño de CDO .....	A-1-5
1.3 Ejemplos de diseños básicos.....	A-1-9
Capítulo 2. Aspectos específicos de utilidad para las partes interesadas .....	A-2-1
2.1 Generalidades.....	A-2-1
2.2 Diseño del espacio aéreo y de los procedimientos .....	A-2-1
2.3 Técnicas ATC .....	A-2-5
Capítulo 3. Aspectos generales y prerequisites relativos a la implantación de CDO .....	A-3-1
3.1 Introducción .....	A-3-1
3.2 Diagrama del proceso de implantación.....	A-3-2
3.3 La importancia de una colaboración efectiva.....	A-3-4
3.4 Relaciones y consulta con la comunidad.....	A-3-4
3.5 Contexto normativo.....	A-3-4
 <b>Parte B. ORIENTACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN</b>	
Capítulo 1. Introducción a los procesos de implantación.....	B-1-1
1.1 Etapas del proceso de implantación .....	B-1-1
1.2 Preparación de un resumen justificativo de las CDO.....	B-1-2
1.3 Establecimiento de un grupo de colaboración para la implantación de CDO.....	B-1-3
Capítulo 2. Planificación .....	B-2-1
2.1 Evaluación preliminar conjunta .....	B-2-1
2.2 Examen de opciones y acuerdo conjunto sobre el método de implantación preferido.....	B-2-2
2.3 Diseño relativo a la opción preferida para facilitar las CDO .....	B-2-2
2.4 Planificación estratégica .....	B-2-3

---

Capítulo 3.	Implantación.....	B-3-1
3.1	Simulación y validación.....	B-3-1
3.2	Punto de toma de decisiones (continuar o parar) .....	B-3-1
3.3	Ensayos operacionales CDO y mejoras iterativas .....	B-3-1
3.4	Implantación completa .....	B-3-3
Capítulo 4.	Examen.....	B-4-1
4.1	Comentarios a los participantes y consulta entre los mismos.....	B-4-1
4.2	Examen y planificación continuos de mejoras CDO.....	B-4-1
Apéndice 1.	Ejemplo de atribuciones .....	AP 1-1
Apéndice 2.	Ejemplos de fraseología CDO.....	AP 2-1
Adjunto A.	Llegadas adaptadas.....	ADJ A-1
Adjunto B.	Diferencias entre sistemas de gestión de vuelo (FMS) y sus efectos en los procedimientos de la tripulación de vuelo.....	ADJ B-1

---

# PREÁMBULO

El propósito de este manual es proporcionar orientación sobre las operaciones de descenso continuo (CDO) y armonizar su desarrollo e implantación. Para este fin, es necesario emplear, en conjunto y de manera cohesiva, el diseño del espacio aéreo, el diseño de los procedimientos de vuelo por instrumentos y las técnicas de control del tránsito aéreo (ATC). De este modo, se ofrecerá a las tripulaciones de vuelo la posibilidad de utilizar técnicas en vuelo que reduzcan la huella ambiental general y aumenten la eficiencia de las operaciones de las aeronaves.

*Nota.— El concepto genérico de “operaciones de descenso continuo” se adoptó para abarcar las diferentes técnicas que se aplican para maximizar la eficiencia operacional y que, al mismo tiempo, se ajustan a los requisitos y restricciones del espacio aéreo local. Estas operaciones se han conocido con diferentes nombres: llegadas en descenso continuo, aproximaciones en descenso continuo, descenso con perfil optimizado, llegadas adaptadas y gestión de llegadas con trayectorias 3D/4D que forman parte del concepto de trayectoria de actividad.*

La orientación de este manual sobre los aspectos relativos a la implantación tiene el propósito de fortalecer la colaboración entre las partes interesadas que se mencionan a continuación y que participan en la implantación de operaciones de descenso continuo:

- a) proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP), entre los que figuran:
  - 1) personas encargadas de definir políticas y tomar decisiones;
  - 2) diseñadores del espacio aéreo;
  - 3) diseñadores de procedimientos; y
  - 4) personal ATC operacional;
- b) explotadores de aeronaves:
  - 1) personas encargadas de definir políticas y tomar decisiones;
  - 2) pilotos de primera clase; y
  - 3) personal técnico (con conocimiento especializado en FMS);
- c) explotadores de aeropuertos, entre los que figuran:
  - 1) departamentos de operaciones; y
  - 2) departamentos de medio ambiente;
- d) entidades encargadas de la reglamentación aeronáutica.

## Avances futuros

Se agradecerán los comentarios sobre este manual de quienes participen en el desarrollo e implantación de las CDO. Dichos comentarios deben dirigirse a:

Secretario General  
Organización de Aviación Civil Internacional  
999 University Street  
Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7



## RESUMEN

Este manual contiene textos de orientación sobre diseños del espacio aéreo, procedimientos de vuelo por instrumentos, facilitación ATC y técnicas de vuelo necesarios para hacer posibles los perfiles de descenso continuo. Por lo tanto, en este manual se ofrece orientación sobre aspectos fundamentales y de implantación para:

- a) proveedores de servicios de navegación aérea;
- b) explotadores de aeronave;
- c) explotadores de aeropuertos; y
- d) entidades encargadas de la reglamentación aeronáutica.

El objetivo principal de este manual es mejorar:

- a) la gestión general del tránsito y del espacio aéreo, con miras a permitir descensos continuos ininterrumpidos, sin perjudicar las salidas;
- b) la comprensión de los perfiles de descenso continuo; y
- c) la comprensión y armonización de la terminología conexas.

Las CDO constituyen uno de los muchos recursos con que cuentan los explotadores de aeronave y los ANSP para mejorar la seguridad operacional, la predictibilidad de los vuelos y la capacidad del espacio aéreo y reducir, al mismo tiempo, el ruido, el consumo de combustible, las emisiones y las comunicaciones controlador-piloto. En el transcurso de los años, se han desarrollado diferentes modelos de rutas para facilitar las CDO, y se ha intentado en múltiples ocasiones lograr un equilibrio entre los procedimientos ideales de rendimiento de combustible y respeto del medio ambiente y los requisitos de capacidad de un aeropuerto o un espacio aéreo específicos.

Se espera que los avances futuros proporcionen distintos medios de hacer realidad las posibilidades de rendimiento que encierran las CDO sin comprometer un óptimo índice de llegadas de aeropuerto (AAR). El concepto fundamental de operaciones CDO, que es el aspecto central de este manual, también se aplicará a métodos cada vez más sofisticados para facilitar dichas operaciones.

Las operaciones CDO son posibles mediante el diseño del espacio aéreo, el diseño de procedimientos y la facilitación ATC. En estas operaciones, una aeronave que llega desciende en forma continua, en la mayor medida de lo posible y empleando un empuje de motor mínimo, idealmente en una configuración de baja resistencia al avance, antes del punto de referencia de aproximación final/punto de aproximación final (FAF/FAP). Una CDO óptima se inicia al comienzo del descenso (TOD) y emplea perfiles de descenso que reducen las comunicaciones controlador-piloto y los tramos de vuelo horizontal. Además, permite que se reduzcan el ruido, el consumo de combustible y las emisiones y, al mismo tiempo, se mejoren la estabilidad de vuelo y la predictibilidad de la trayectoria de vuelo para beneficio de controladores y pilotos.

La normalización de procedimientos es importante para la seguridad de vuelo y es necesario que se diseñe y presente sin ambigüedad. Para el diseñador de procedimientos, es importante entender las características del vuelo, las limitaciones y las capacidades de la aeronave que se espera que realice operaciones CDO, así como las características del espacio aéreo y las rutas donde se aplicarán estas operaciones. Para los explotadores de aeropuertos y las

entidades de medio ambiente, es importante comprender la magnitud y limitaciones de las ventajas ambientales, la performance de las aeronaves y las limitaciones del espacio aéreo al proponer la introducción de las operaciones CDO. Teniendo en cuenta el alto costo del combustible y la creciente preocupación por el medio ambiente y el cambio climático, colaborar para facilitar las operaciones CDO constituye un imperativo operacional para todas las partes interesadas.

Es de suma importancia mantener la seguridad operacional durante todas las fases de vuelo: nada de lo que contiene esta orientación se antepondrá al requisito de que la operación y el control de una aeronave sean seguros en todo momento. Para que no haya dudas, debe entenderse que todas las recomendaciones están “sujetas a los requisitos de seguridad operacional”.

Antes de que se inicien ensayos u operaciones CDO, su implantación propuesta necesita someterse a una evaluación local de la seguridad operacional.

---

## REFERENCIAS

*Nota.— Los documentos mencionados en este manual están afectados por las operaciones de descenso continuo.*

### **Documentos de la OACI**

Anexo 4 — *Cartas aeronáuticas*

Anexo 6 — *Operación de aeronaves, Parte I — Transporte aéreo comercial internacional — Aviones*

Anexo 6 — *Operación de aeronaves, Parte II — Aviación general internacional — Aviones*

Anexo 8 — *Aeronavegabilidad*

Anexo 10 — *Telecomunicaciones aeronáuticas, Volumen I — Radioayudas para la navegación*

Anexo 11 — *Servicios de tránsito aéreo*

Anexo 15 — *Servicios de información aeronáutica*

Anexo 17 — *Seguridad — Protección de la aviación civil internacional contra los actos de interferencia ilícita*

*Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Gestión del transporte aéreo (PANS-ATM) (Doc 4444)*

*Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Operación de aeronaves (PANS-OPS) (Doc 8168)*

*Volumen I — Procedimientos de vuelo*

*Volumen II — Construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos*

*Procedimientos suplementarios regionales (Doc 7030)*

*Manual sobre ensayo de radioayudas para la navegación (Doc 8071)*

*Manual de planificación de servicios de tránsito aéreo (Doc 9426)*

*Manual sobre la metodología de planificación del espacio aéreo para determinar las mínimas de separación (Doc 9689)*

*Manual sobre el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) (Doc 9849)*

*Manual de gestión de la seguridad operacional (Doc 9859)*

### **Documentos de la Organización europea para el equipamiento de la aviación civil (EUROCAE)**

Minimum Operational Performance Specifications for Airborne GPS Receiving Equipment used for Supplemental Means of Navigation (ED-72A)

MASPS Required Navigation Performance for Area Navigation (RNAV) (ED-75B)

Standards for Processing Aeronautical Data (ED-76)

Standards for Aeronautical Information (ED-77)

### **Documentos de RTCA, Inc.**

Standards for Processing Aeronautical Data (DO-200A)

Standards for Aeronautical Information (DO-201A)

Minimum Operational Performance Standards for Airborne Supplemental Navigation Equipment using the Global Positioning System (DO-208)

Minimum Aviation System Performance Standards: Required Navigation Performance for Area Navigation (DO-236B)

**Documentos 424 Aeronautical Radio, Inc. (ARINC)**

ARINC 424-15 Navigation System Database Specification  
ARINC 424-16 Navigation System Database Specification  
ARINC 424-17 Navigation System Database Specification  
ARINC 424-18 Navigation System Database Specification

---

## SIGLAS

AAR	Índice de llegadas de aeropuerto
ADS-B	Vigilancia dependiente automática- radiodifusión
ANSP	Proveedor de servicios de navegación aérea
ATC	Control de tránsito aéreo
ATM	Gestión del tránsito aéreo
ATS	Servicio de tránsito aéreo
CDO	Operaciones de descenso continuo
CFIT	Impacto contra el suelo sin pérdida de control
CG	Grupo de colaboración para la implantación de CDO
CIG	Grupo de implantación de CDO
DTW	Punto de recorrido del tramo terminal a favor del viento
EUROCAE	Organización europea para el equipamiento de la aviación civil
FAF/FAP	Punto de referencia de aproximación final/punto de aproximación final
FM	Rumbo desde un punto de referencia hasta una terminación manual
FMC	Computadora de gestión de vuelo
FMS	Sistema de gestión de vuelo
IAF	Punto de referencia de aproximación inicial
IF	Punto de referencia intermedio
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumentos
LNAV	Navegación lateral
MSL	Nivel medio del mar
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (Estados Unidos)
NM	Millas marinas
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OPD	Descenso con perfil optimizado
PBN	Navegación basada en la performance
PSR	Radar primario de vigilancia
RF	Arco de radio constante hasta un punto de referencia
RNAV	Navegación de área
RNP	Performance de navegación requerida
SID	Salida normalizada por instrumentos
SSR	Radar secundario de vigilancia
STAR	Llegada normalizada por instrumentos
TA	Altitud de transición (también: Llegadas adaptadas)
TF	Derrota a punto de referencia
TL	Nivel de transición
TOD	Comienzo del descenso
TOR	Atribuciones
VM	Rumbo de la aeronave hasta una terminación manual
VNAV	Navegación vertical



## DEFINICIONES

**Aplicación de navegación aérea.** Aplicación de una especificación para la navegación y de la correspondiente infraestructura de ayudas para la navegación a rutas, procedimientos y/o a un volumen de espacio aéreo definido de conformidad con el concepto de espacio aéreo previsto.

*Nota.—La aplicación de navegación es un elemento, junto con comunicaciones, vigilancia y procedimientos ATM, que cumple los objetivos estratégicos de un concepto de espacio aéreo definido.*

**Control por procedimientos.** Concepto empleado para indicar que no se requiere la información derivada de un sistema de vigilancia ATS para suministrar servicios de control de tránsito aéreo.

**Descenso con perfil optimizado (OPD).** Perfil de descenso comúnmente asociado a una llegada normalizada por instrumentos (STAR) y concebido para utilizar en forma práctica y óptima las CDO. Se inicia al comienzo del descenso, teniendo en cuenta las limitaciones locales propias del aeropuerto, del espacio aéreo, del entorno, de la capacidad de tránsito, de la capacidad de las aeronaves y del ATC. En la medida de lo posible, el perfil de descenso consta de tramos con perfil de descenso calculado por el FMS con potencia al régimen de marcha lenta y tramos con perfil geométrico de descenso que maximizan la altitud, minimizan el empuje requerido para permanecer en la trayectoria, terminan la trayectoria en el lugar final deseado y se ajustan a las restricciones de altitud y velocidad a lo largo de la configuración de trayectoria cerrada.

*Nota.— El OPD es un método que facilita las CDO.*

**Entorno mixto de navegación.** Entorno en el que pueden aplicarse diferentes especificaciones para la navegación (por ejemplo, rutas RNP 10 y RNP 4) dentro del mismo espacio aéreo o en el que se permiten operaciones de navegación convencional y aplicaciones RNAV o RNP en el mismo espacio aéreo.

**Especificación para la navegación.** Conjunto de requisitos relativos a la aeronave y a la tripulación de vuelo necesarios para dar apoyo a las operaciones de la navegación basada en la performance dentro de un espacio aéreo definido. Existen dos clases de especificaciones para la navegación:

*Especificación para la performance de navegación requerida (RNP).* Especificación para la navegación basada en la navegación de área que incluye el requisito de control y alerta de la performance, designada por medio del prefijo RNP; p. ej., RNP 4, RNP APCH.

*Especificación para la navegación de área (RNAV).* Especificación para la navegación basada en la navegación de área que no incluye el requisito de control y alerta de la performance, designada por medio del prefijo RNAV; p. ej., RNAV 5, RNAV 1.

*Nota 1.— El Manual de navegación basada en la performance (PBN) (Doc 9613), Volumen II, contiene directrices detalladas sobre las especificaciones para la navegación.*

*Nota 2.— El término RNP definido anteriormente como “declaración de la performance de navegación necesaria para operar dentro de un espacio aéreo definido”, se ha retirado (...) puesto que el concepto de RNP ha sido remplazado por el concepto de PBN. (...), el término RNP sólo se utiliza ahora en el contexto de especificaciones de navegación que requieren vigilancia de la performance y alerta. P. ej., RNP 4 se refiere a la aeronave y los requisitos operacionales, comprendida una performance lateral de 4 NM, con la vigilancia y alerta de la performance de a bordo que se describen en el Manual de navegación basada en la performance (PBN) (Doc 9613).*

**Función de navegación.** La capacidad detallada del sistema de navegación (como ejecución de tramos de transición, capacidades de desplazamiento paralelo, circuitos de espera, bases de datos de navegación) requerida para satisfacer el concepto de espacio aéreo.

*Nota.— Los requisitos funcionales de navegación son uno de los elementos para la selección de una especificación para la navegación en particular. Las funcionalidades de navegación (requisitos funcionales) de cada especificación para la navegación pueden consultarse en el Manual de navegación basada en la performance (PBN) (Doc 9613), Volumen II, Partes B y C.*

**Infraestructura de ayudas para la navegación.** Expresión que designa las ayudas para la navegación basadas en tierra y/o en el espacio disponibles para satisfacer los requisitos de la especificación para la navegación.

**Llegada normalizada por instrumentos (STAR).** Ruta de llegada designada según reglas de vuelo por instrumentos (IFR) que une un punto significativo, normalmente en una ruta ATS, con un punto desde el cual puede comenzarse un procedimiento publicado de aproximación por instrumentos.

**Navegación basada en la performance (PBN).** Navegación de área basada en requisitos de performance que se aplican a las aeronaves que realizan operaciones en una ruta ATS, siguiendo un procedimiento de aproximación por instrumentos o en un espacio aéreo designado.

*Nota.— En las especificaciones para la navegación (especificación RNAV y especificación RNP), los requisitos de performance se expresan en función de la precisión, integridad, continuidad, disponibilidad y funcionalidad necesarias para la operación propuesta en el contexto de un concepto de espacio aéreo particular.*

**Navegación de área (RNAV).** Método de navegación que permite la operación de aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseada, dentro de la cobertura de las ayudas para la navegación basadas en tierra o en el espacio o dentro de los límites de la capacidad de las ayudas autónomas, o de una combinación de ambas.

*Nota.— La navegación de área incluye la navegación basada en la performance, así como otras operaciones que no se ajustan a la definición de navegación basada en la performance.*

**Operaciones de descenso continuo (CDO).** Operaciones que son posibles mediante el diseño del espacio aéreo, el diseño de procedimientos y la facilitación ATC y en las cuales una aeronave que llega desciende en forma continua, en la mayor medida de lo posible y empleando un empuje de motor mínimo, idealmente en una configuración de baja resistencia al avance, antes del punto de referencia de aproximación final/punto de aproximación final.

*Nota 1.— Una CDO óptima se inicia al comienzo del descenso y emplea perfiles de descenso que reducen los tramos de vuelo horizontal, el ruido, el consumo de combustible, las emisiones y las comunicaciones controlador-piloto y mejoran, al mismo tiempo, la predictibilidad para los pilotos y controladores y la estabilidad de vuelo.*

*Nota 2.— Iniciar una CDO en el nivel más elevado posible de las fases en ruta y de llegada del vuelo reducirá al máximo el consumo de combustible, el ruido y las emisiones.*

**Operaciones RNAV.** Operaciones de aeronaves en las que se usa navegación de área para aplicaciones RNAV.

**Operaciones RNP.** Operaciones de aeronaves en las que se usa un sistema RNP para aplicaciones de navegación RNP.

**Procedimientos CDO en trayectoria abierta.** Procedimientos que requieren que, después del DTW, se codifique una terminación de trayectoria FM. Si el ATC requiere una trayectoria definida, puede usarse, en su lugar, una terminación de trayectoria VM.

**Procedimientos CDO en trayectoria cerrada.** Procedimientos codificados con los tramos de la derrota a punto de referencia (TF) y los puntos de recorrido de paso. Las STAR que terminan con un enlace a un procedimiento de aproximación por instrumentos deberían terminar en un punto de recorrido de paso. Las STAR que terminan en tramos con guía vectorial pueden codificarse con terminaciones de trayectoria desde un punto de referencia hasta una terminación manual (FM) o con terminaciones de trayectoria de rumbo de la aeronave hasta una terminación manual (VM).

**Procedimiento de aproximación con guía vertical (APV).** Procedimiento de aproximación por instrumentos en el que se utiliza guía lateral y vertical, pero que no satisface los requisitos establecidos para las operaciones de aproximación y aterrizaje de precisión.

**Ruta RNP.** Ruta ATS establecida para el uso de aeronaves que operan conforme a una especificación para la navegación RNP prescrita.

**Salida normalizada por instrumentos (SID).** Ruta de salida designada según reglas de vuelo por instrumentos (IFR) que une un aeródromo o una determinada pista del aeródromo con un determinado punto significativo, normalmente en una ruta ATS designada, en el cual comienza la fase en ruta de un vuelo.

**Servicio de vigilancia ATS.** Expresión empleada para referirse a un servicio proporcionado directamente mediante un sistema de vigilancia ATS.

**Sistema de vigilancia ATS.** Expresión genérica que significa, según el caso, ADS-B, PSR, SSR o cualquier sistema basado en tierra comparable que permite la identificación de aeronaves.

*Nota.— Un sistema similar basado en tierra es aquel para el cual se ha comprobado, por evaluación u otra metodología comparativa, que los niveles de seguridad operacional y de performance son iguales o mejores que los correspondientes a los del SSR de monoimpulso.*

**Sistema RNAV.** Sistema de navegación que permite la operación de aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseada, dentro de la cobertura de las ayudas para la navegación referidas a la estación, o dentro de los límites de las capacidades de las ayudas autónomas, o de una combinación de ambas. Un sistema RNAV puede formar parte de un sistema de gestión de vuelo (FMS).

**Sistema RNP.** Sistema de navegación de área que da apoyo a la vigilancia y alerta de la performance de a bordo.

---



**Parte A**

**GENERALIDADES SOBRE LAS  
OPERACIONES DE DESCENSO CONTINUO**



# Capítulo 1

## DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE DESCENSO CONTINUO

### 1.1 INTRODUCCIÓN

#### 1.1.1 Operaciones de descenso continuo (CDO)

1.1.1.1 Las CDO constituyen una técnica de operación de aeronaves que se apoya en un diseño adecuado del espacio aéreo y de los procedimientos y en autorizaciones ATC apropiadas y que permite la ejecución de un perfil de vuelo optimizado acorde a la capacidad de operación de las aeronaves, con regímenes de bajo empuje de motor y, de ser posible, con una configuración de baja resistencia al avance, reduciéndose, de esta manera, durante el descenso, el consumo de combustible y las emisiones. El perfil vertical óptimo adopta la forma de una trayectoria que desciende en forma continua, con sólo el mínimo de tramos de vuelo horizontal necesario para desacelerar y configurar la aeronave o para que ésta se establezca bajo un sistema de guía de aterrizaje (p. ej., el ILS).

1.1.1.2 El ángulo de trayectoria vertical óptimo variará dependiendo del tipo de la aeronave, su peso real, el viento, la temperatura del aire, la presión atmosférica, las condiciones de engelamiento y otras consideraciones dinámicas. Las CDO pueden realizarse con o sin el apoyo de una trayectoria de vuelo vertical generada por computadora [es decir, de la función de navegación vertical (VNAV) del sistema de gestión de vuelo (FMS)] y con o sin una trayectoria lateral fija. Sin embargo, el máximo beneficio en un vuelo determinado se logra manteniendo la aeronave lo más alto posible hasta que alcance el punto de descenso óptimo. Esto se determina más fácilmente con el FMS de a bordo.

#### 1.1.2 Facilitación de las operaciones de descenso continuo

1.1.2.1 Se exige a los controladores de tránsito aéreo que lleven a cabo una gestión segura y eficiente de las aeronaves que llegan. Sin embargo, el concepto de “eficiencia” puede tener un significado diferente para las distintas partes interesadas en cuando a las metas que deben alcanzarse y puede variar dependiendo de los niveles de densidad del tráfico, los distintos tipos de aeronaves o las condiciones meteorológicas. A fin de lograr una eficiencia de las llegadas y salidas en términos absolutos, es necesario mantener un equilibrio entre agilizar el tránsito, ajustarse a la capacidad aeroportuaria y reducir los tiempos de vuelo, las distancias de vuelo, el consumo de combustible, las emisiones y el ruido sin perder de vista el requisito primordial de que las operaciones sean seguras. El impacto ambiental es un problema importante para la aviación en general y debería considerarse al diseñar el espacio aéreo y los procedimientos de vuelo por instrumentos, así como al manejar las operaciones de las aeronaves. Concretamente, deberían usarse, cuando y donde sea posible, técnicas que permitan realizar un descenso y una aproximación óptimos y eficientes en términos de consumo de combustible (empuje mínimo). La energía total de la aeronave a una altitud elevada puede aprovecharse de manera más eficiente durante el descenso con un empuje y una resistencia al avance mínimos. No obstante, el piloto debería tener máxima flexibilidad para manejar la rapidez y velocidad vertical de descenso de la aeronave.

1.1.2.2 Idealmente, para maximizar los beneficios de las CDO, estas operaciones deberían iniciarse al comienzo del descenso y seguir hasta el punto de referencia de aproximación final (FAF)/punto de aproximación final (FAP) o hasta establecerse en el sistema de guía de aterrizaje. La secuenciación del tránsito puede lograrse por medio de

pequeñas intervenciones de velocidad durante la fase de crucero o las fases iniciales del descenso, con lo que se reducen al mínimo las maniobras de secuenciación a altitudes menores con la ventaja consiguiente de que se disminuyen el consumo de combustible y el ruido. Los límites de nivel y de velocidad para las llegadas normalizadas por instrumentos (STAR) y los procedimientos de aproximación deben diseñarse de manera que se tengan en cuenta los límites de performance de las aeronaves y ejecutarse con un buen conocimiento de los datos del viento de que disponga el piloto alimentados en forma manual o por enlace de datos.

1.1.2.3 Las CDO “3D” y, a largo plazo, las CDO “4D” (con control de tiempo) siguen siendo el objetivo final de los descensos con perfil optimizado. Sin embargo, las CDO llevadas a cabo con autorizaciones ATC adecuadas y dentro de los límites de los actuales diseños de procedimientos STAR o de aproximación, así como a lo largo de tramos más cortos del descenso, pueden ofrecer beneficios importantes. Un ejemplo de esto es el caso en el que la secuenciación se logra mediante el alargamiento de la trayectoria; es decir, el piloto, en condiciones de guía vectorial, recibe información sobre la distancia por recorrer, p. ej., la distancia al umbral de la pista. Al disponerse de esta información, la velocidad vertical de descenso de la aeronave puede ajustarse de manera más eficiente. También, es posible aplicar una combinación de éste y otros métodos.

1.1.2.4 Los niveles de densidad de tránsito bajo los cuales pueden llevarse a cabo las CDO en forma rutinaria pueden aumentar con la introducción de herramientas de controlador, como las herramientas de gestión de llegadas, así como con el desarrollo de diseños CDO más sofisticados. Para un manejo óptimo del tránsito en períodos de mucha actividad en aeropuertos de gran capacidad, los controladores de tránsito aéreo pueden requerir aplicar una intervención táctica, es decir, guía vertical y/o control de la velocidad, para secuenciar y separar aeronaves. Sin embargo, es necesario que esto no impida la aplicación continua de CDO, a fin de sentar las bases de un mejoramiento continuo. Los métodos de facilitación de las CDO deberían seleccionarse y concebirse teniendo como objetivo favorecer un máximo porcentaje de utilización de las operaciones de tránsito aéreo durante períodos más prolongados.

### 1.1.3 Beneficios

1.1.3.1 Las CDO ofrecen las ventajas siguientes:

- a) utilización más eficiente del espacio aéreo y de la colocación de las rutas de llegada;
- b) trayectorias de vuelo más congruentes y trayectorias de aproximación más estabilizadas;
- c) reducción del volumen de trabajo de los pilotos y los controladores;
- d) reducción del número de radiotransmisiones requeridas;
- e) ahorros en los costos y beneficios ambientales mediante una reducción del consumo de combustible;
- f) reducción de la incidencia de impactos contra el suelo sin pérdida de control (CFIT); y
- g) autorización de operaciones donde las restricciones por motivos de ruido originarían que se reduzcan o restrinjan las operaciones.

1.1.3.2 Dependiendo del espacio aéreo afectado, y del método elegido para facilitar las CDO, los beneficios de estas operaciones se optimizarán mediante un examen de la configuración del espacio aéreo para las CDO, teniendo en cuenta los requisitos de separación y secuenciación. En el diseño y la operación de las medidas estratégicas y tácticas para la solución de conflictos deberían tenerse en cuenta las envolventes de los perfiles que se espera que siga la diversidad de aeronaves que utilizan los procedimientos, con el fin de facilitar las CDO en la mayor medida de lo posible.

1.1.3.3 Si el ATC perdiera flexibilidad en optimizar perfectamente la secuenciación y gestión de los flujos de llegadas, podría existir el riesgo de que la capacidad y la eficiencia se reduzcan. Por consiguiente, las CDO no deberían realizarse a expensas de la seguridad operacional, la capacidad y la eficiencia o puntualidad de los vuelos y deberían considerarse como una posibilidad que, aunque muy conveniente, no debe realizarse a cualquier precio.

1.1.3.4 Una pronta secuenciación de las aeronaves puede ayudar a aumentar la frecuencia y duración de las CDO, en especial, durante períodos de alta densidad de tránsito.

1.1.3.5 El objetivo de este manual es proporcionar la orientación necesaria, que comprende un concepto de operaciones, con la finalidad de que las partes interesadas de la aviación normalicen y armonicen la implantación de CDO. El uso de estos textos de orientación debería reducir al mínimo la proliferación de definiciones y conceptos de “descenso controlado” y mejorar la seguridad operacional al ofrecer información sobre los procedimientos que comúnmente se aplican. Además, se espera que la normalización de los procedimientos adopte la forma de enmiendas de los *Procedimientos para los servicios de navegación aérea – Operación de aeronaves* (Doc 8168). Se tiene previsto actualizar este manual a la luz de los acontecimientos futuros, por ejemplo, cuando se introduzcan herramientas de apoyo avanzadas para perfeccionar aún más las CDO.

#### 1.1.4 Conceptos de operación

1.1.4.1 En el *Manual de navegación basada en la performance (PBN)* (Doc 9613), se incluye el siguiente enunciado general en relación con el concepto de espacio aéreo:

“Un concepto de espacio aéreo puede considerarse como una visión general o un plan general para un espacio aéreo en particular. Un concepto de espacio aéreo se basa en principios particulares y empalma con objetivos específicos. Los conceptos de espacio aéreo deben incluir un cierto nivel de detalle para que puedan introducirse cambios en un espacio aéreo. Los detalles podrían explicar, por ejemplo, la organización y gestión del espacio aéreo y las funciones que habrán de desempeñar las diversas partes interesadas y los usuarios del espacio aéreo. Los conceptos de espacio aéreo también pueden describir las diferentes funciones y responsabilidades, los mecanismos empleados y las relaciones entre personas y máquinas”.

1.1.4.2 Las CDO pueden ayudar a lograr varios objetivos estratégicos específicos y, por consiguiente, debería considerarse su inclusión en cualquier concepto o nuevo diseño de espacio aéreo. En el Doc 9613, figura orientación en materia de conceptos de espacio aéreo y objetivos estratégicos. Comúnmente, los usuarios del espacio aéreo, los ANSP, los explotadores de aeropuertos y las políticas gubernamentales determinan los objetivos. Ahí donde un cambio puede repercutir en el medio ambiente, definir un concepto de espacio aéreo puede requerir la participación de las comunidades locales, las autoridades de planificación y el gobierno local. Dicha participación también puede ser necesaria al establecer los objetivos estratégicos de un espacio aéreo. La función de los conceptos de espacio aéreo y de operaciones es responder a estos requisitos de manera equilibrada y anticipatoria, atendiendo las necesidades de todas las partes interesadas y no sólo las de un sector (p. ej., el de medio ambiente). En el Doc 9613, Parte B, Orientación para la implantación, se destaca la necesidad de que haya colaboración entre estas entidades.

1.1.4.3 Los objetivos estratégicos que más comúnmente obligan a definir conceptos de espacio aéreo son los de:

- a) seguridad operacional;
- b) capacidad;
- c) eficiencia;
- d) acceso; y
- e) medio ambiente.

1.1.4.4 A modo ilustrativo, para definir una política ambiental existen varias consideraciones que pueden motivar las decisiones. La meta ambiental puede ser atenuar el ruido, aumentar el rendimiento de combustible y, por lo tanto, reducir las emisiones, o una combinación de esto, lo cual puede aplicarse a las aeronaves que llegan y salen. En las necesidades de diseño de CDO, se tienen en cuenta cuestiones como las trayectorias de vuelo de las aeronaves que salen, dónde resulta más eficiente el ascenso ininterrumpido, la necesidad de evitar áreas pobladas y el apego estricto a rutas que reducen el ruido. También, es necesario considerar cualquier técnica específica de despegue que pueda requerirse o emplearse. Es posible tener en cuenta una de estas cuestiones o una combinación de ellas al diseñar los procedimientos para alcanzar la meta ambiental. Pueden existir ventajas y desventajas o sinergias entre estos requisitos.

1.1.4.5 Al desarrollar un concepto de espacio aéreo para la implantación de CDO locales, es posible que el tiempo de implantación sea una limitación importante que reduzca las fases de vuelo a las que las CDO se aplican inicialmente. Además, limitar los cambios a los requisitos de navegación puede reducir el margen de tiempo de implantación.

1.1.4.6 En virtud de la necesidad de asegurarse de que las CDO no comprometan la seguridad operacional ni la capacidad, es posible que no siempre puedan realizarse CDO completamente optimizadas. Asimismo, tal vez sea necesario detener un descenso y mantener un nivel de vuelo con fines de separación o secuenciación. Sin embargo, el objetivo debería ser maximizar las CDO en la medida de lo posible sin afectar negativamente a la seguridad operacional ni a la capacidad. Al mejorarse los diseños, se podrán realizar, en condiciones de tránsito de densidad creciente, CDO que empleen rutas que se fijen lateral y/o verticalmente. La implantación de herramientas ATM avanzadas para separación, secuenciación y medición debería mejorar aún más la disponibilidad de CDO.

1.1.4.7 Las CDO que el controlador facilita al proporcionar al piloto estimaciones oportunas de la información sobre la distancia por recorrer, cuando este último recibe guía vectorial, son sólo posibles para altitudes más bajas y pueden ofrecer mejoras en la eficiencia que no son óptimas. Aún así, esta forma de facilitar las CDO con guía vectorial ofrece eficiencia y mejoras que resultan ventajosas.

1.1.4.8 Por lo común, el tránsito que llega y el que sale son interdependientes, y el diseño del espacio aéreo que permite realizar CDO debería garantizar que los vuelos que llegan y salen alcancen perfiles que ofrezcan un buen rendimiento de combustible. Mantener un equilibrio entre los requisitos ambientales, de capacidad, eficiencia y acceso es una tarea muy exigente cuando se diseña el espacio aéreo.

1.1.4.9 En el Doc 9613, se proporcionan los siguientes ejemplos de los diferentes objetivos estratégicos que necesitan tenerse en cuenta en forma equilibrada:

*Seguridad operacional:* El diseño de procedimientos de aproximación por instrumentos RNP podría ser una manera de aumentar la seguridad operacional [disminuyendo el número de impactos contra el suelo sin pérdida de control (CFIT)].

*Capacidad:* Planificar la adición de una pista más en un aeropuerto para aumentar la capacidad provocará un cambio en el concepto de espacio aéreo (serán necesarios nuevos enfoques para las SID y STAR).

*Eficiencia:* La necesidad de un usuario de optimizar los perfiles de vuelo durante las salidas y llegadas podría hacer que los vuelos sean más eficientes en términos de consumo de combustible.

*Acceso:* La necesidad de prever una aproximación con mínimos inferiores a los que prevén los procedimientos convencionales, a fin de asegurar el acceso continuo al aeropuerto durante períodos de mal tiempo, puede dar como resultado una aproximación RNP a esa pista.

*Medio ambiente:* La necesidad de reducción del consumo de combustible y las emisiones, rutas de ruido mínimo, técnicas de despegue específicas o las CDO son razones ambientales que causan cambios.

## 1.2 OPCIÓN DE DISEÑO DE CDO

### 1.2.1 Generalidades

1.2.1.1 El piloto y/o el FMS facilitan la planificación precisa de una trayectoria óptima de descenso continuo al conocer la distancia de vuelo a la pista y el nivel por encima de la pista a partir del cual se debe iniciar la CDO. Esto permite un cálculo preciso de la trayectoria de descenso del vuelo. Aunque las CDO se optimizan usando sistemas de navegación vertical (VNAV), estos tipos de sistemas no son un prerrequisito. La disponibilidad de información sobre el viento y las condiciones climatológicas ayuda a mejorar la precisión de la trayectoria de descenso del vuelo. La información sobre el nivel se obtiene fácilmente del altímetro de la aeronave. La relativa a los vientos se consigue, comúnmente, de los pronósticos del tiempo, las observaciones locales y los informes del piloto. Sin embargo, puede ser que no siempre se conozcan en forma precisa la distancia o el tiempo exactos que deben volarse hasta el aterrizaje.

1.2.1.2 Actualmente, existen dos métodos para diseñar procedimientos CDO basándose en rutas “fijas lateralmente”. Para esto, se requieren métodos diferentes a fin de determinar la distancia al umbral de la pista. Estas dos metodologías de diseño se conocen como diseños de “trayectoria cerrada” y de “trayectoria abierta”.

- Los diseños de trayectoria cerrada son diseños de procedimientos mediante los cuales la derrota lateral de vuelo se encuentra predefinida hasta el FAF/FAP inclusive y, por lo tanto, se conoce la distancia exacta a la pista. Un ejemplo de un procedimiento en trayectoria cerrada es un descenso con perfil optimizado (OPD) asociado a una STAR que termina en un punto que define una parte de un procedimiento de aproximación por instrumentos (IAP) y, por consiguiente, la STAR está directamente ligada a ese IAP. Los diseños de trayectoria cerrada sirven de apoyo directo para realizar CDO y ayudan a planificar en forma muy precisa la distancia, lo que permite al FMS ejecutar con precisión descensos optimizados automatizados.
- En los diseños de trayectoria abierta el procedimiento termina antes del FAF/FAP.

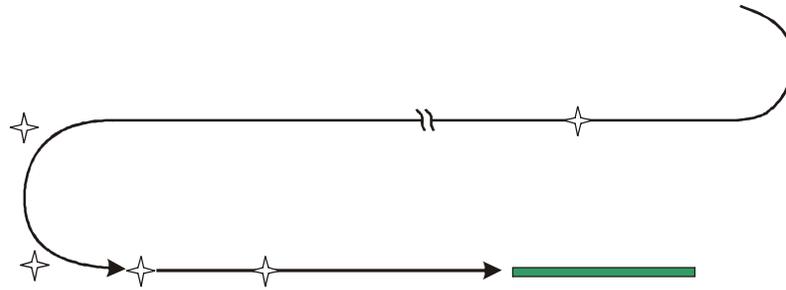
1.2.1.3 Existen dos tipos principales de trayectorias abiertas:

- a) el primer tipo termina en un tramo a favor del viento, dejando al controlador que autorice a la aeronave a tomar el rumbo de aproximación final;
- b) en el segundo tipo, el diseño lleva a la aeronave a un entorno operacional donde la secuenciación de la aproximación se realiza mediante circuitos de espera y guía vectorial. En este caso, las CDO sólo pueden planificarse hasta el punto de referencia de entrada, y el controlador necesitará calcular y comunicar al piloto, en la medida de lo posible, la información sobre la distancia que hay que recorrer hasta el umbral de la pista si la CDO debe continuar más allá del punto donde termina la trayectoria CDO planificada. El piloto utilizará dicho cálculo de la distancia para determinar la velocidad vertical de descenso óptima para lograr un descenso continuo hasta el FAF/FAP.

1.2.1.4 Otros métodos de diseño de CDO en los que se incorporan características más avanzadas que comprenden la navegación 4D, como, por ejemplo, las trayectorias de actividad, se mencionan en el SESAR, del mismo modo que se hace con las llegadas adaptadas en el sistema NextGen. Estas últimas aún se encuentran en desarrollo y se ilustran en el presente manual (véase el Adjunto A), exclusivamente a título de futuras opciones de diseño. Por lo común, estos futuros diseños CDO necesitarán herramientas de planificación de a bordo y basadas en tierra con el fin de ayudar a planificar y ejecutar descensos continuos desde niveles de crucero hasta el punto de toma de contacto. Existe la posibilidad de que para esto se requieran varias unidades y sectores ATC. En dichas CDO se tendría en cuenta otro tránsito aéreo, así como las restricciones ambientales, y se emplearía enlace de datos para transferir los datos de autorización del perfil y meteorológicos. A continuación se explican más ampliamente los métodos de diseño de trayectoria cerrada y trayectoria abierta.

### 1.2.1.5 Diseño de trayectoria cerrada (Figura 1-1)

El diseño de trayectoria cerrada comprende una ruta fija y una distancia específica a la pista que se conoce antes de iniciar la operación de descenso continuo. El procedimiento puede publicarse con los niveles de franqueamiento, los límites de nivel y/o las restricciones de velocidad. El diseño de trayectoria cerrada puede comprender las fases STAR y de aproximación (inicial) del vuelo hasta el FAF/FAP.



**Figura 1-1. Diseño de trayectoria cerrada**

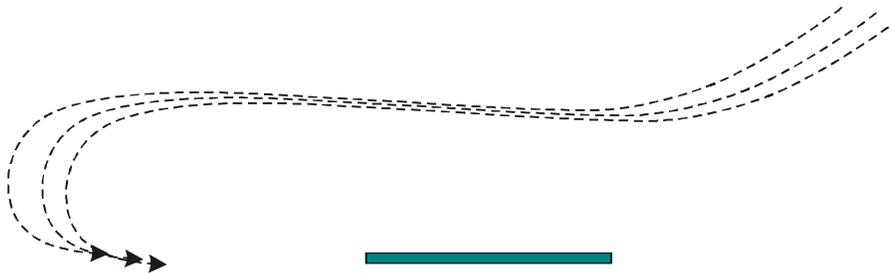
### 1.2.1.6 Diseño de trayectoria abierta

En un diseño de trayectoria abierta, una porción o la totalidad de la ruta comprende guía vectorial. La distancia específica al umbral de la pista no se conoce antes de iniciar la CDO:

- a) Procedimiento CDO con guía vectorial (Figura 1-2)

La aeronave recibe guía vectorial y se proporciona al piloto una estimación de la distancia por recorrer hasta el umbral de la pista. La autorización para iniciar el descenso queda a discreción del piloto.

*Nota.— Véase 2.2.10 en lo que respecta al uso de las fraseologías.*



**Figura 1-2. Procedimiento CDO con guía vectorial**

b) Procedimiento CDO abierto a favor del viento (Figura 1-3)

Esta operación se basa en una combinación de una ruta fija que envía a una aeronave hacia un segmento con guía vectorial, normalmente como extensión de un tramo a favor del viento hasta el FAF/FAP.

*Nota.— Véase el Manual de garantía de calidad para el diseño de procedimientos de vuelo (Doc 9906, Volumen I), a fin de obtener orientación sobre el proceso de garantía de calidad para el diseño de procedimientos.*

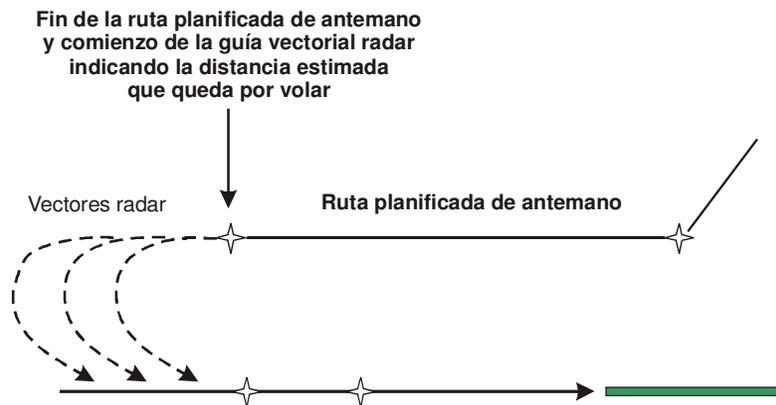


Figura 1-3. Procedimiento CDO abierto a favor del viento

### 1.2.1.7 Métodos de secuenciación

Salvo en condiciones de tránsito de muy baja densidad, por lo común se requiere algún tipo de secuenciación a fin de mantener una tasa de aterrizajes óptima. Pueden aplicarse los tres métodos de secuenciación que siguen a los dos tipos de CDO:

- Métodos de secuenciación automática. Uso de sistemas de secuenciación automática como tiempo de llegada requerido, pantallas de avisos para la gestión del tránsito e indicadores de la posición relativa. Con dichos sistemas se puede hacer una planificación eficiente introduciendo ajustes en la trayectoria de una aeronave antes de iniciar un procedimiento CDO. Los métodos de secuenciación automática evolucionan rápido y desempeñarán un papel cada vez más importante.
- Velocidad. El control de la velocidad es más eficaz cuando se hace una pequeña corrección en una etapa temprana de un procedimiento y se da tiempo para que la corrección tenga efecto o cuando la velocidad es parte del procedimiento. El control de la velocidad permite predecir la performance y se lleva a cabo para establecer y mantener la separación; además, garantiza una performance uniforme entre aeronaves diferentes. Llevar a cabo pequeños ajustes en la velocidad puede permitir a la aeronave permanecer en una trayectoria cerrada predefinida. Grandes ajustes de velocidad pueden ser contraproducentes en el caso de que la aeronave que sigue necesite, también, disminuir la velocidad y harán que la aeronave se salga de configuraciones de vuelo eficientes.

- c) Guía vectorial. Ésta es la forma más flexible de secuenciar el tránsito que llega y mantener la capacidad. También, es el método que se emplea más frecuentemente. Sin embargo, la guía vectorial ofrece a los pilotos menos posibilidades de predecir por adelantado las distancias de las trayectorias de vuelo y puede exigir que los pilotos respondan ante una situación en lugar de que planifiquen con anticipación. Proporcionar al piloto información sobre la distancia por recorrer estimada puede ayudar a reducir la incertidumbre. La aeronave puede seguir un procedimiento planificado de guía vectorial en una trayectoria abierta o ser dirigida con guía vectorial para salirse de un procedimiento en trayectoria cerrada, a fin de establecer o mantener la secuencia y la separación. En las CDO en trayectoria cerrada, primero debería considerarse hacer pequeños ajustes de velocidad, de preferencia antes de que la aeronave sea dirigida con guía vectorial para salirse del procedimiento. Permanecer en el procedimiento permitirá al FMS mantener los cálculos de la distancia.

#### 1.2.1.8 Método/diseño de alargamiento de la trayectoria (Figura 1-4)

1.2.1.8.1 El método/diseño de alargamiento de la trayectoria consiste en una trayectoria planificada con guía vectorial que cuenta con puntos de recorrido predeterminados que el FMS, el piloto y el ATC conocen. El procedimiento puede publicarse para aumentar la separación, permitiendo, al mismo tiempo, que el FMS dirija el vuelo de la aeronave que realiza una CDO. El alargamiento de la trayectoria puede usarse en forma adicional a los métodos de control de la velocidad.

1.2.1.8.2 Método de secuenciación por punto de integración. Con esta técnica, la aeronave sigue una ruta de vuelo RNAV, que generalmente incluye un segmento de arco en vuelo horizontal hasta recibir un encaminamiento "directo a" un punto de integración. El piloto puede ejecutar una CDO antes de llegar al arco del punto de integración, mantener el vuelo horizontal mientras sigue el arco y continuar la CDO cuando reciba autorización para llegar al punto de integración. Cuando los niveles de tránsito lo permitan, podría autorizarse a la aeronave a ir directo al punto de integración en lugar de establecerse en el arco. Véase la Figura 1-5.

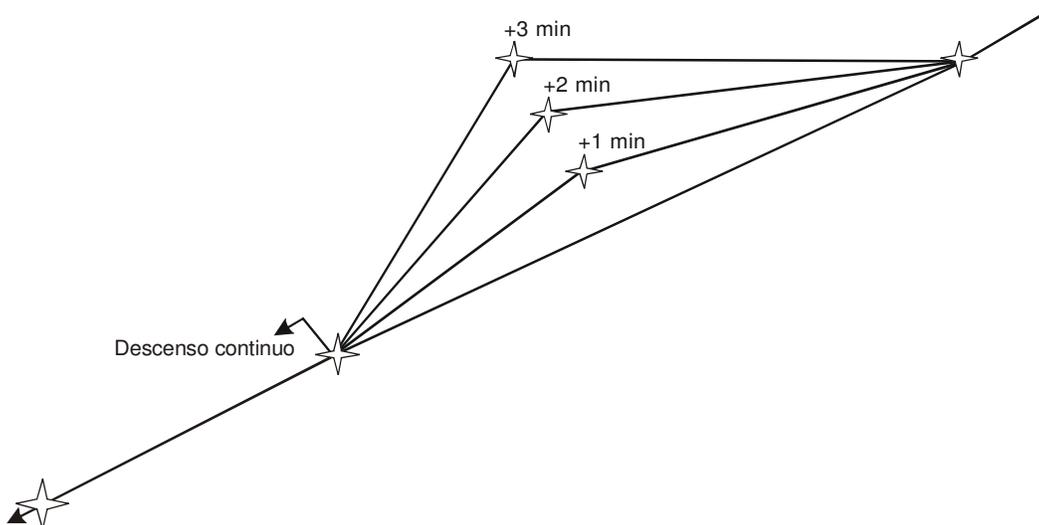


Figura 1-4. Método/diseño de alargamiento de la trayectoria

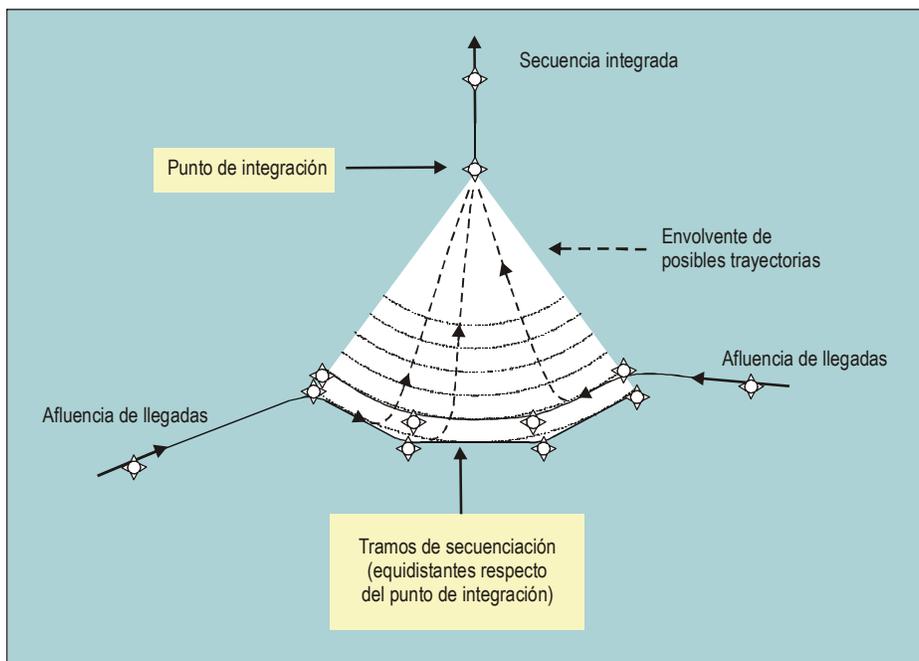


Figura 1-5. Sistema de integración de puntos

### 1.3 EJEMPLOS DE DISEÑOS BÁSICOS

#### 1.3.1 Medidas iniciales

1.3.1.1 El diseño de procedimientos CDO en “trayectoria cerrada” y “trayectoria abierta” debería iniciar con una trayectoria lateral óptima planificada. En esta trayectoria pueden influir varios factores, como restricciones y problemas ambientales, trayectorias de vuelo correspondientes a otro tránsito aéreo que sale del aeropuerto de destino o perfiles de vuelo hacia y desde los aeropuertos adyacentes, la capacidad de navegación de la aeronave, los requisitos de confluencia de tráfico, los acuerdos aeroportuarios, los regímenes de afluencia de tránsito, la sectorización del espacio aéreo y el terreno.

1.3.1.2 En la medida de lo posible, las trayectorias de vuelo laterales deberían reducir al mínimo las distancias requeridas que deben recorrerse en vuelo. Después de trazar una trayectoria lateral básica, debería agregarse a la trayectoria cualquier restricción de nivel/altitud de vuelo que se requiera. Dichos niveles deberían corresponder al mínimo necesario para evitar el terreno y otras afluencias de tránsito aéreo, cumplir los acuerdos aeroportuarios o ambientales y satisfacer los requisitos de coordinación ATC. Después de haber trazado la trayectoria y los niveles de vuelo preliminares, es posible que se necesite modificar la trayectoria para cumplir otras restricciones requeridas. Es posible que se tengan que llevar a cabo varias iteraciones de modificaciones trayectoria/nivel de vuelo antes de concebir una trayectoria óptima hacia la pista. En el caso de un diseño de trayectoria cerrada, esto representará la distancia mínima óptima a la pista. Para un diseño de trayectoria abierta, esto servirá de base para decidir en qué punto debería iniciarse regularmente la guía vectorial.

1.3.1.3 Para maximizar la posibilidad de aceptación de las CDO propuestas, el proyecto debería contar con la representación de un amplio sector de las partes interesadas, incluidos explotadores, ATC, diseñadores de procedimientos, pilotos, panificadores del espacio aéreo, grupos locales de medio ambiente, etc. En el Doc 9613, figura una metodología apropiada para plantear el desarrollo.

1.3.2 Ejemplo de diseño CDO en trayectoria cerrada

1.3.2.1 En la Figura 1-6, se ofrece un ejemplo sencillo de una CDO en trayectoria cerrada para un descenso con perfil optimizado (OPD) básico, junto con otros ejemplos detallados de mejoras optimizadas y de alargamiento de la ruta. En la medida de lo posible, la trayectoria lateral debería elegirse para reducir al mínimo las millas de derrota que deben recorrerse en vuelo. En la Figura 1-6 se supone que el descenso es continuo hasta llegar a la aproximación final. Esto normalmente puede lograrse sólo con una CDO en trayectoria cerrada. Sin embargo, esto también puede adaptarse al diseño de procedimientos abiertos hasta el punto donde se inicia la guía vectorial radar. La configuración posee los intervalos de niveles más grandes posibles y, por consiguiente, debería ajustarse sin restricciones virtualmente a todo tipo de aeronave. Puesto que los intervalos de niveles seleccionados son muy extensos, el diseño del ejemplo puede requerir demasiado espacio aéreo y entrar en conflicto con otras afluencias de tránsito aéreo y el terreno. En áreas en las que haya restricciones impuestas por el terreno, los acuerdos aeroportuarios, el espacio aéreo y las afluencias de tránsito aéreo que se contraponen, se necesitará una configuración más refinada y optimizada, lo que representa mucho trabajo de elaboración de modelos y simulación, a fin de desarrollar un procedimiento susceptible de ser ejecutado por la amplia gama de aeronaves y, al mismo tiempo, reducir al máximo las afluencias de tránsito aéreo que se contraponen y el impacto en las geometrías del espacio aéreo.

1.3.2.2 No obstante, ahí donde el espacio aéreo admite perfiles de descenso de 2 a 3,3°, habrá poca necesidad de elaborar modelos y, por lo tanto, en muchas áreas de operaciones de baja densidad el ejemplo que figura a continuación puede servir como un modelo fácil de implantar.

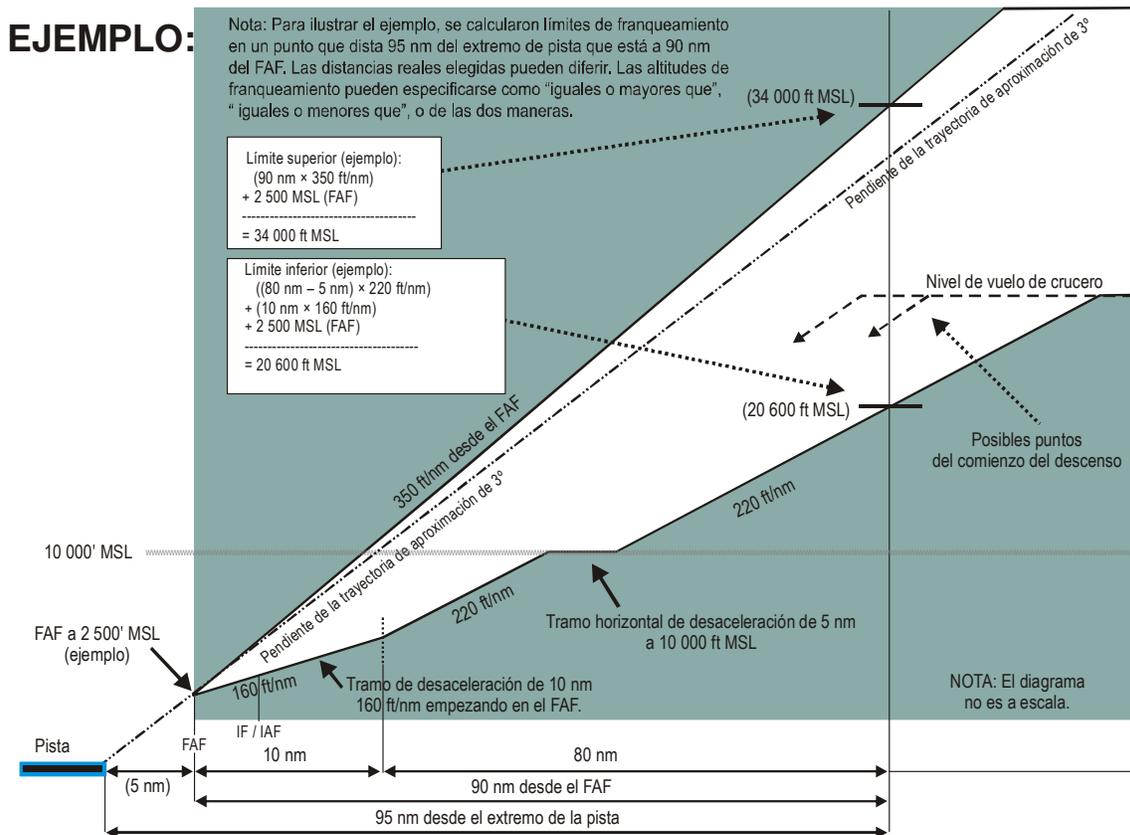


Figura 1-6. Aproximación por instrumentos en un procedimiento CDO optimizado

1.3.2.3 El ejemplo ilustra una STAR que se enlaza a una aproximación por instrumentos en un procedimiento CDO optimizado y que debería permitir que la mayoría de los FMS realice un descenso con navegación lateral y vertical (LNAV/VNAV) completamente automatizada. La mayoría de las aproximaciones por instrumentos tiene un FAF/FAP, un punto de referencia intermedio (IF) y un punto de referencia de aproximación inicial (IAF). La STAR termina en un IAF a un nivel “igual o mayor que” acorde al nivel IAF. Esto permite al FMS enlazar la STAR con el procedimiento de aproximación. Los niveles de aproximación por instrumentos respecto del umbral de la pista se diseñan, por lo general, para permitir una trayectoria de descenso de 3° (aproximadamente a 320 ft/NM) y tienen un segmento más bajo en el tramo IF, a fin de llevar la configuración de la aeronave a un descenso final completamente estabilizado.

1.3.2.4 Los límites de nivel para las STAR o las restricciones de altura de los procedimientos STAR deberían, en la medida de lo posible, diseñarse para permitir que la mayoría de las aeronaves descienda sin impedimentos. Los límites se definen mediante un límite superior y uno inferior. Un límite superior se define como un nivel/altitud de vuelo “igual o menor que” y usualmente se fija para permitir la separación respecto de otras afluencias de tránsito aéreo o para establecer puntos de cruce para los puntos de coordinación ATC. Un límite superior que comienza en el umbral de la pista y se eleva a razón de 350 ft por NM es suficiente para la mayoría de las aeronaves.

1.3.2.5 Por ejemplo, si se necesita un límite superior para la altura/nivel para el cruce de afluencias de tránsito aéreo a una distancia de 90 NM respecto de un FAF situado a 2 500 ft MSL de elevación, el límite superior de la altitud se calcula como sigue:

$$(90 \text{ NM} \times 350 \text{ ft/NM}) + 2\,500 \text{ ft (elevación del FAF)} = 34\,000 \text{ ft MSL.}$$

En este ejemplo, la altitud “igual o menor que” no debería ser inferior a “igual o menor que 34 000 ft”.

*Nota.— Sería necesario volver a calcular la altitud y representarla en las cartas como nivel de vuelo.*

1.3.2.6 El límite inferior que se ilustra en la Figura 1-6 se define como un nivel “igual o mayor que” y, aunque se estableció lo más bajo posible, a menudo su establecimiento será para franquear el terreno, cumplir los acuerdos aeroportuarios, proporcionar una separación respecto de otras afluencias de tránsito aéreo y realizar la coordinación ATC. Para los límites inferiores se tiene en cuenta el hecho de que en condiciones normales y en una configuración limpia, la mayoría de las aeronaves modernas aerodinámicamente más eficientes puede no desacelerar lo suficiente para el aterrizaje cuando descienden a ángulos que sobrepasan en mucho los 2°. En ciertas condiciones (p. ej., con viento de cola) y con velocidades iniciales más altas (>200 nudos), pueden requerirse ángulos de aproximadamente 1,5° (o menos) para desacelerar una aeronave moderna que está en una configuración limpia. Los límites de nivel inferiores se calculan a partir del nivel FAF y se elevan a razón de 160 ft/NM a lo largo de 10 NM y, luego, a razón de 220 ft/NM a una altitud de, por ejemplo, 10 000 ft MSL. En este caso, a 10 000 ft MSL, se agrega un tramo horizontal de 5 NM para permitir que la aeronave desacelere y luego siguen elevándose a 220 ft/NM. Por ejemplo, si se necesita un límite inferior a 90 NM del FAF y el FAF está a una altitud de 2 500 ft MSL, los cálculos serían los siguientes:

$$(10 \text{ NM} \times 160 \text{ ft/NM}) + [(80 \text{ NM} - 5 \text{ NM} \{\text{tramo horizontal a } 10\,000 \text{ ft}\}) \times 220 \text{ ft/NM}] + (2\,500 \text{ ft MSL} \{\text{FAF}\}) = 20\,600 \text{ ft MSL.}$$

Por consiguiente, la altitud “igual o mayor que” a 90 NM del FAF no podría ser superior a “igual o mayor que 20 600 ft”. Por lo tanto, en los ejemplos que se ilustran más arriba, un límite de nivel superior “igual o menor que 34 000 ft” (expresado como nivel de vuelo) y un límite de nivel inferior “igual o mayor que 20 600 ft” (expresado como nivel de vuelo) cumplirían los requisitos que posibilitan las CDO.

1.3.2.7 Las fórmulas para los límites de nivel son:

$$\begin{aligned} &\text{Límite superior} \\ &= (\text{la distancia desde el FAF} \times 350 \text{ ft/NM}) + \text{la elevación del FAF} \end{aligned}$$

Límite inferior

= (la distancia desde el FAF que se desea para desacelerar x 160 ft/NM) + para las altitudes de franqueamiento de 10 000 ft MSL o menos (la distancia desde el FAF – la distancia desde el FAF que se desea para desacelerar x 220 ft/NM) + el nivel del FAF

Para las altitudes de franqueamiento de más de 10 000 ft MSL = (la distancia desde el FAF que se desea para desacelerar x 160 ft/NM) + [(la distancia desde el FAF – la distancia desde el FAF que se desea para desacelerar) – 5NM] x 220 ft/NM] + el nivel del FAF. Véase la Figura 1-6.

Estos ángulos pequeños de descenso cerca del FAF reducirán la altura por encima del nivel del terreno (aumentando, así, el ruido en tierra) y pueden no ser posibles debido a las limitaciones del espacio aéreo u a otras limitaciones de carácter operacional o estructural (p. ej., la proximidad de otros aeropuertos, las limitaciones del espacio aéreo, las interacciones con el tránsito que sale, el terreno, etc.). Por consiguiente, a menudo las aeronaves descienden a un ángulo grande y desaceleran hasta alcanzar su velocidad de aterrizaje y configuración finales usando dispositivos de resistencia al avance. Aunque esto genera más ruido de célula, éste se compensa en cierto grado por una mayor altura por encima del terreno. El pro y contra de esto necesita estudiarse localmente.

### 1.3.3 Modificación del diseño

El diseño básico antes mencionado puede requerir modificación, a fin de evitar el terreno elevado u otras afluencias de tránsito aéreo para cumplir los acuerdos aeroportuarios y ambientales y/o los procedimientos de coordinación ATC. Si fuera necesario modificar el diseño básico, deberían llevarse a cabo cálculos adicionales para asegurarse de que el mayor número de aeronaves pueda llevar a cabo los procedimientos con un número mínimo de restricciones. Es esencial que se lleve a cabo una estrecha coordinación entre los ANSP, los explotadores de aeronave y los diseñadores de sistemas.

### 1.3.4 Simuladores de vuelo

La información que se obtiene de las simulaciones de vuelo es una manera de garantizar que el diseño propuesto no afecte negativamente a las aeronaves y/o facilite la disponibilidad de CDO para la mayoría de las flotas aéreas que se tienen previstas. Véase la Figura 1-7.

### 1.3.5 Simulaciones con múltiples variables

Puede llevarse a cabo una evaluación de la performance con múltiples variables (p. ej., el peso de la aeronave, la temperatura y el viento) para diferentes tipos de aeronaves. Estas simulaciones, mediante las que se evalúa el efecto de variaciones aleatorias de las variables iniciales se conocen, algunas veces, como simulaciones “Monte Carlo” y resultan de utilidad al evaluar las trayectorias probables y pueden, así, emplearse para optimizar los niveles de franqueamiento, así como las ventajas de las diferentes opciones. Ofrecen una base científica para evaluar en forma global los niveles y velocidades de franqueamiento para un caso y emplazamiento específicos. El resultado es un diseño CDO optimizado, adaptado lo más posible a una situación específica. La ventaja es que dichas simulaciones permiten definir la cantidad mínima requerida de espacio aéreo vertical. Puesto que los datos se basan en los tipos de aeronaves que operan en el aeropuerto, existe una necesidad de analizar el efecto con el paso del tiempo, por ejemplo, cuando entran en servicio nuevos tipos de aeronaves. Véase la Figura 1-8.

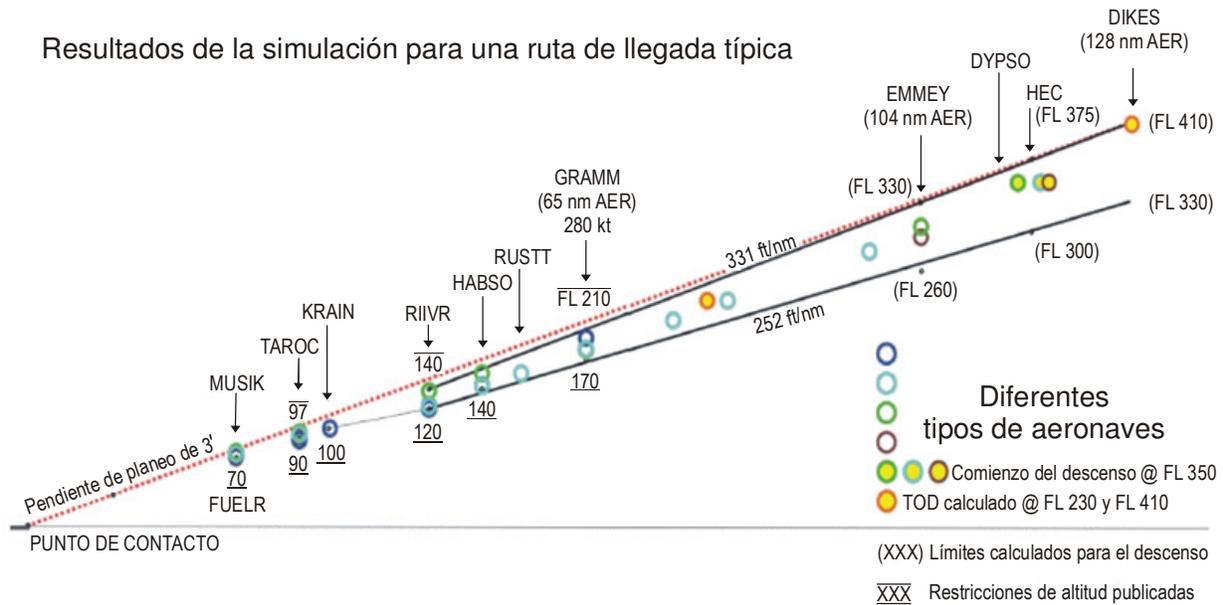


Figura 1-7. Resultados de la simulación para una ruta de llegada típica

- Monte Carlo: Simula en forma iterativa los efectos de los factores aleatorios al cubrir todos los valores posibles de los parámetros iniciales introducidos y sus combinaciones

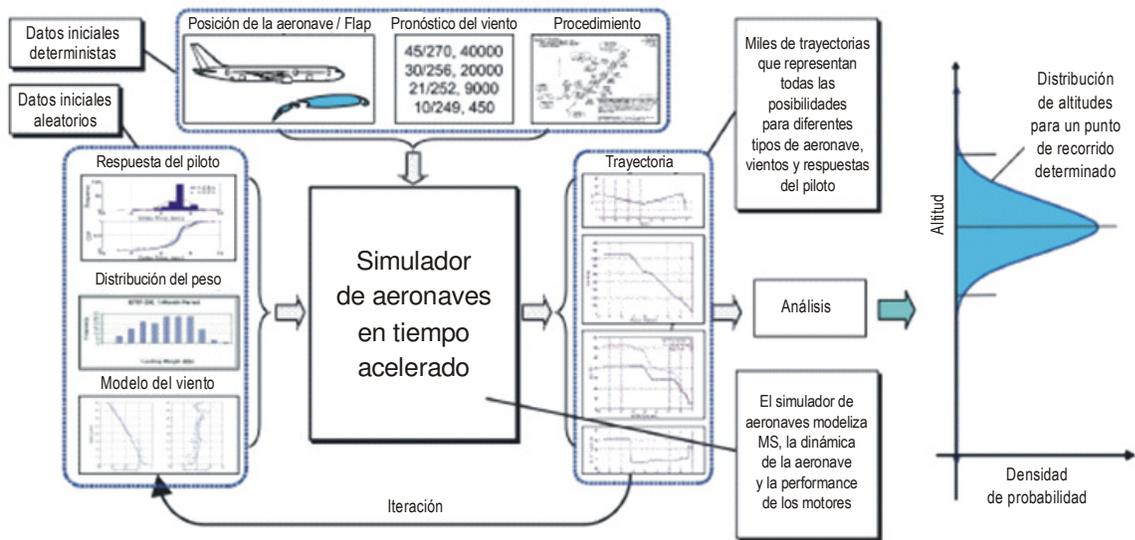


Figura 1-8. Resultados de la simulación para una ruta de llegada típica

### 1.3.6 Ejemplos de diseño de CDO en trayectoria abierta

A continuación figuran varias opciones con las que cuenta el diseñador de procedimientos y el facilitador ATC para desarrollar un concepto relativo a las operaciones CDO:

#### a) CDO en trayectoria abierta-CDO basadas en guía vectorial

Se planifica la guía vectorial en lugar de una trayectoria de vuelo lateral fija. El controlador ofrece al piloto un cálculo aproximado de las millas de la derrota de vuelo hasta el umbral de la pista como información de la distancia por recorrer. El piloto utiliza esta información a fin de determinar el punto óptimo para comenzar el descenso, o el perfil vertical, que le permita realizar la CDO, comúnmente basándose en un ángulo de descenso de 3° en el área terminal. Es esencial que la fraseología de autorización no sea ambigua y la autorización permita al piloto mantener el último nivel asignado hasta el punto donde se inicia la CDO determinado por el FMS o calculado en forma aproximativa por el piloto. Un ángulo de descenso de 3° equivale a aproximadamente 300 ft/NM.

Los vectores se iniciarían normalmente a partir del punto de referencia de entrada. Cuando pueda ejecutarse una CDO desde niveles de crucero hasta el punto de referencia de entrada, puede aplicarse la orientación que se proporciona en 1.3.2, Ejemplo de diseño CDO en trayectoria cerrada, para el diseño hasta el punto de referencia de entrada.

#### b) Procedimiento en trayectoria abierta que permite CDO a favor del viento

Este diseño de procedimientos ofrece secuenciación por medio del controlador, quien coordina el paso de la aeronave a la aproximación final. La CDO puede planificarse para el punto de recorrido del tramo terminal a favor del viento (DTW) (véase la Figura 1-9). Deberían utilizarse técnicas básicas, al igual que para el procedimiento en trayectoria cerrada, para diseñar el procedimiento hasta el DTW, reemplazando la elevación de la pista por el nivel del DTW.

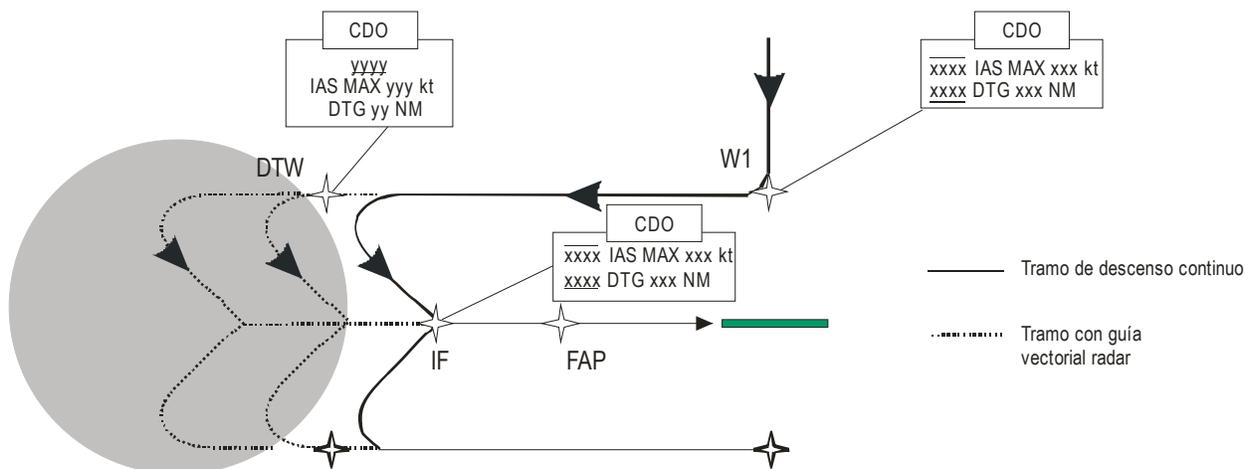


Figura 1-9. Simulaciones con múltiples variables

### 1.3.7 Consideraciones generales

1.3.7.1 Las CDO deberían diseñarse e implantarse de forma que no entren en conflicto con el índice de llegadas de aeropuerto (AAR) óptimo ni afecten negativamente a otras aeronaves que llegan y que no realizan CDO, a aeronaves que sobrevuelan o al tránsito saliente. Existen muchos factores que influyen en la capacidad para mantener las CDO, sin alterar, al mismo tiempo, el AAR. Entre éstos cabe mencionar si la guía lateral es una ruta fija o comprende guía vectorial, la longitud de la ruta fija y si el control de velocidad es necesario para que se permita la secuenciación. Contar con herramientas adicionales para que el ATC maneje el proceso de separación y secuenciación puede incrementar el nivel de las CDO logrado.

1.3.7.2 Se recomienda una estrategia de implantación paso por paso. El proceso de implantación debe incluir una evaluación de la seguridad operacional en la que se determine el efecto de las transiciones entre operaciones con y sin el uso de CDO. Cualquier transición entre formas distintas de procedimientos CDO (p. ej., de guía vectorial a procedimientos y a la inversa) debería examinarse como parte de una evaluación de la seguridad operacional. Los procedimientos CDO diseñados convenientemente deberían permitir una transición sin problemas a operaciones que no son CDO, permitiendo, así, que las CDO se lleven a cabo con un riesgo mínimo durante proporciones de tiempo cada vez mayores.

1.3.7.3 Se espera que los futuros sistemas de automatización, en conjunto con el uso de mejores aeronaves, mejores sistemas terrestres y mejores procedimientos de vuelo, permitan una implantación más generalizada de procedimientos CDO optimizados durante los períodos de mayor tránsito. El elemento principal de estos avances es la capacidad para secuenciar y fusionar eficientemente el tránsito entrante, optimizando, al mismo tiempo, las CDO dentro de la limitación que impone el AAR. Cuanto mayor sea el nivel al cual se inician las CDO, más se exigirá de las herramientas de apoyo.

1.3.7.4 Cuando las CDO afecten a más de una dependencia de ATC, p. ej., en el caso de CDO iniciadas a niveles de crucero, se requerirán cartas de acuerdo apropiadas entre las dependencias que cubren esas operaciones. En último caso, las CDO pueden adoptar la forma de negociaciones de las trayectorias basándose en intercambios de comunicaciones de datos entre los sistemas terrestres, los sistemas de a bordo, cada aeronave y la administración de la afluencia del tránsito. Se está llevando a cabo investigación a fin de desarrollar herramientas para administrar el tránsito de alta densidad, facilitando, al mismo tiempo, las CDO. Dichas herramientas pueden incluir predictores de trayectoria basados en tierra, apoyados por un perfil de datos enlazados y el intercambio de datos meteorológicos. Entretanto, la publicación de STAR con trayectorias laterales definidas eficientemente y perfiles de descenso flexibles con "límites de nivel" apropiados para coordinar el tránsito conflictivo, en conjunto con técnicas tácticas acordes a las CDO, permitirá a la comunidad aeronáutica obtener muchos de los beneficios operacionales y ambientales que ofrecen las CDO.

---



## Capítulo 2

# ASPECTOS ESPECÍFICOS DE UTILIDAD PARA LAS PARTES INTERESADAS

### 2.1 GENERALIDADES

Este capítulo trata de aspectos específicos de utilidad para las partes interesadas. Como el proceso de diseño constituye un esfuerzo en colaboración, todas las partes interesadas necesitan leer este capítulo en su totalidad.

### 2.2 DISEÑO DEL ESPACIO AÉREO Y DE LOS PROCEDIMIENTOS

#### 2.2.1 Generalidades

La orientación de este párrafo debería utilizarse en conjunto con los detalles acerca de los requisitos relativos a las llegadas y aproximaciones que figuran en los PANS-OPS, Volumen II (Doc 8168). En la medida de lo posible, un procedimiento CDO debería estar diseñado tomando en consideración que:

- a) El tramo de la trayectoria de descenso calculada por el FMS con potencia mínima constituye la trayectoria que resulta de un régimen de fuerza propulsora mínima en todos los motores para cualquier configuración de aeronave, peso de aeronave y condiciones atmosféricas dados. El ángulo de la trayectoria de descenso calculada por el FMS variará con respecto a la referencia en tierra.

*Nota.— El uso de la trayectoria geométrica de descenso se considera una opción posible. Un tramo de la trayectoria geométrica de descenso constituye una trayectoria de descenso con ángulo fijo respecto a una referencia en tierra. Es probable que no se trate de una trayectoria de descenso con potencia mínima para un peso de aeronave, configuración de aeronave y condiciones atmosféricas dados; es posible que se necesite un empuje o fuerza de resistencia al avance adicional para mantener la aeronave en la trayectoria geométrica. Los tramos de la trayectoria geométrica de descenso pueden ser el resultado de restricciones de altitud o velocidad a lo largo de la trayectoria.*

- b) Las restricciones de nivel no deberían imponer limitaciones excesivas en la trayectoria de descenso. En cambio, la trayectoria debería resultar de un punto extremo claramente definido, sólo con las limitaciones mínimas necesarias para cumplir las restricciones de nivel que se derivan del concepto y diseño del espacio aéreo. Siempre que sea posible, deberían aplicarse límites mínimos, máximos o de franqueamiento de niveles en lugar de imponer restricciones severas, pues así se reduce el volumen de trabajo para la ejecución del descenso continuo manual y se permiten descensos con empuje de motor mínimo.
- c) Los parámetros operacionales de las aeronaves también actúan como restricciones en la trayectoria de descenso continuo. En el contexto de operaciones normales, el descenso va seguido de la aproximación y el aterrizaje. La configuración de las aeronaves y las condiciones de operación introducirán restricciones que deberían tomarse en consideración en el diseño de procedimientos.

## 2.2.2 Colaboración y normalización

2.2.2.1 Un diseño de CDO y cualquier cambio en el espacio aéreo que pueda ser necesario para facilitar las CDO, necesita ser producto de un proceso de colaboración en el que participen los ANSP, los explotadores de aeronave, los explotadores de aeropuertos, los encargados de la normatividad aeronáutica y llevarse a cabo a través de los canales apropiados y las entidades ambientales, según se requiera.

2.2.2.2 Debería incluirse en el grupo de diseño a expertos en el funcionamiento del FMS y en convenciones de codificación de los procedimientos de vuelo (PANS-OPS, Volumen II, Parte III, Sección 2), ya que los procedimientos de llegada se almacenarán en una base de datos de navegación. Específicamente, cuando los procedimientos comprendan maniobras laterales exigentes, puede haber necesidad de consultar previamente a especialistas en bases de datos de navegación.

2.2.2.3 Al igual que en todos los procedimientos de vuelo por instrumentos, el diseño debería ser normalizado y ajustarse a las convenciones aceptadas en materia de cartas y bases de datos, a fin de posibilitar la normalización de los procedimientos en el puesto de pilotaje.

## 2.2.3 Restricciones de velocidad

2.2.3.1 Pueden requerirse restricciones de velocidad específicas, a menudo para mantener la separación entre aeronaves que se suceden unas a otras, a fin de posibilitar las CDO a partir de niveles de crucero en áreas de alta densidad de tránsito. Al fijar cualquier restricción de velocidad permanente, debería tenerse en cuenta la distancia a la pista a lo largo de la trayectoria teórica de vuelo. Las restricciones de velocidad reducen la flexibilidad de las CDO, pero pueden ayudar a llevar a cabo una óptima secuenciación del tránsito. También deberían considerarse las limitaciones específicas de las aeronaves y de los FMS.

2.2.3.2 Las restricciones de velocidad permanentes que se propongan tienen que coordinarse entre todas las partes interesadas antes de finalizarlas. Por lo general, las velocidades desde niveles más altos no deberían ser inferiores a 280–290 kt de IAS. Un ejemplo de notación en cartas podría ser: "... mantener 280 kt de IAS hasta dejar los 10 000 ft MSL". Se espera que los pilotos programen sus FMS para alcanzar la velocidad de 280 kt al descender la aeronave desde el régimen de Mach.

2.2.3.3 Con una planificación previa, el control de la velocidad puede ser incluido como elemento esencial por la tripulación de vuelo y lograrse sin aplicar resistencia al avance o vuelo horizontal.

## 2.2.4 Altitud de transición — nivel de transición

2.2.4.1 Si una CDO se inicia por encima del nivel de transición (TL), el diseñador de procedimientos debería establecer una zona intermedia y agregarla a los niveles mínimos a lo largo de la trayectoria. Esta zona intermedia se calculará con base en la gama histórica de altitudes de presión del aeródromo. Las implicaciones del TL para el diseño de CDO locales deberían determinarse y examinarse en colaboración a partir de la experiencia.

2.2.4.2 Para optimizar la ejecución de CDO, se recomienda establecer las altitudes de transición (TA) lo más grandes posibles, p. ej., de 10 000 ft o más.

## 2.2.5 Código de bases de datos

2.2.5.1 A menos que los requisitos operacionales dicten otra cosa, deberían utilizarse las convenciones de bases de datos siguientes:

*Procedimientos CDO en trayectoria cerrada.* Estos procedimientos deberían codificarse con los tramos de la derrota a punto de referencia (TF) y los puntos de recorrido de paso. Las STAR que terminan con un enlace a un procedimiento de aproximación por instrumentos deberían terminar en un punto de recorrido de paso. Las STAR que terminan en tramos con guía vectorial pueden codificarse con terminaciones de trayectoria desde un punto de referencia hasta una terminación manual (FM) o con terminaciones de trayectoria de rumbo de la aeronave hasta una terminación manual (VM).

2.2.5.2 Cuando la flota aérea prevista tenga suficiente capacidad, el uso del tramo del arco de radio constante hasta un punto de referencia (RF) permitirá realizar un viraje controlado con escasos errores en la sincronización de la secuenciación y una mejor precisión VNAV.

*Procedimientos CDO en trayectoria abierta.* Después del DTW, debería codificarse una terminación de trayectoria FM. Si el ATC requiere una trayectoria definida, puede usarse, en su lugar, una terminación de trayectoria VM.

## 2.2.6 Asuntos relativos a las publicaciones y las cartas

### Generalidades

2.2.6.1 Cuando se tenga previsto realizar una CDO durante la llegada o aproximación a un aeropuerto, se recomienda que la información específica relativa a la CDO se publique a través de los canales establecidos para garantizar que todas las partes interesadas estén enteradas. El suministro de información sobre la distancia por recorrer proporcionará asistencia al piloto en planificar la trayectoria para llevar a cabo la CDO.

2.2.6.2 En las operaciones CDO, pueden entrar en juego dos tipos de cartas:

- a) STAR; y
- b) carta de aproximación utilizada para un procedimiento diseñado para CDO.

2.2.6.3 A menos que se requiera específicamente como parte del diseño de procedimientos, no hay necesidad de proporcionar límites de nivel o restricciones de velocidad específicos para las CDO en las cartas STAR.

2.2.6.4 Cualquier restricción de velocidad y altitud que se aplique en el punto de referencia de aproximación inicial (IAF) o más allá de ese punto debería representarse claramente en la carta.

2.2.6.5 Las restricciones de nivel deberían expresarse usando límites de nivel (con niveles mínimos y máximos) o mediante restricciones "igual o mayor que" o "igual o menor que".

2.2.6.6 Si la CDO se aplica sólo a una parte de un procedimiento, esto debería representarse de manera que resulte evidente y sin ambigüedades, indicando en la carta el inicio y el fin de una trayectoria, donde la técnica de descenso continuo puede aplicarse.

2.2.6.7 La CDO puede indicarse por medio de un texto apropiado en la carta o de una designación del procedimiento, p. ej., KARLAP (CDO).

## 2.2.7 Operación de vuelo

### Generalidades

2.2.7.1 Una CDO óptima se lleva a cabo en una trayectoria de vuelo que desciende en forma continua con un mínimo de tramos de vuelo horizontal y de empuje del motor/cambios de empuje del motor y, en la medida de lo posible,

en una configuración de baja resistencia al avance. Antes de la intercepción del tramo de aproximación final, deben tener lugar los cambios de velocidad y configuración de la aeronave, así como el despliegue de las aletas hipersustentadoras, los flaps y el tren de aterrizaje. Este proceso de configuración debería manejarse con cuidado, a fin de reducir al mínimo el riesgo de reglajes de empuje innecesarios y ajustarse a los procedimientos estándares para configurar la aeronave para aterrizar, como se detalla en el manual de operación de la aeronave. Si se dispone de ella y cuando sea posible, debe utilizarse la trayectoria vertical calculada por el FMS.

2.2.7.2 Específicamente, deberían aplicarse, siempre y donde que sea posible, técnicas que permitan un descenso y una aproximación óptimos con ahorro de combustible (empuje mínimo). La energía total de la aeronave a gran altitud puede utilizarse de manera más eficiente durante el descenso con mínimo empuje y mínima resistencia al avance. Sin embargo, el piloto debería contar con flexibilidad para manejar la rapidez y velocidad vertical de descenso de la aeronave dentro de las restricciones del procedimiento. Para aeronaves equipadas con FMS y capacidad VNAV, puede planificarse y ejecutarse un descenso óptimo con una trayectoria de vuelo lateral fija almacenada en la base de datos de navegación.

2.2.7.3 Es posible que el procedimiento de vuelo por instrumentos se haya diseñado para facilitar CDO hasta el FAF/FAP, desde el punto de integración hasta el FAF/FAP o a través de uno o más puntos de integración hasta el tramo a favor del viento para recibir guía vectorial hasta el IAF o el IF/FAF/FAP. El procedimiento real que debe realizarse en vuelo debería indicarse claramente en la carta apropiada. La disponibilidad de una CDO completa puede depender de los niveles de densidad del tránsito prevaletientes y del volumen de trabajo del controlador.

2.2.7.4 Además, la capacidad del piloto para realizar una CDO depende, también, de la autorización ATC que debe seguirse, ya sea en forma táctica o por medio de procedimientos publicados. El piloto al mando debería intentar realizar un descenso continuo dentro de los límites operacionales, cuando sea viable. La autoridad definitiva respecto de la operación de la aeronave siempre residirá en el piloto al mando, y nunca debería comprometerse la estabilización de la aeronave durante la aproximación final.

*Nota.—Se hace referencia al Anexo 6, Parte I, 4.5.1, en lo que respecta a las responsabilidades del piloto al mando.*

## 2.2.8 Nivel de transición

Cuando un descenso continuo se inicie por encima del TL y haya una diferencia significativa entre el QNH y la presión normal, la trayectoria de vuelo vertical se verá afectada y puede observarse un cambio temporal en la velocidad vertical de descenso.

## 2.2.9 Volumen de trabajo en el puesto de mando

2.2.9.1 En el diseño de cualquier procedimiento de descenso continuo, debería considerarse el volumen de trabajo del puesto de mando. En un procedimiento diseñado para CDO debería mantenerse el volumen de trabajo requerido durante el descenso continuo dentro de los límites previstos para operaciones de vuelo normales. La trayectoria lateral y vertical de vuelo generada por la computadora a bordo de la aeronave debería ser susceptible de ser modificada con facilidad por la tripulación de vuelo, empleando procedimientos normales de alimentación de datos para hacer los ajustes correspondientes a las intervenciones tácticas del ATC, las variaciones en la velocidad y dirección del viento, la presión atmosférica, la temperatura, las condiciones de engelamiento, etc. En ciertos regímenes de vuelo, por ejemplo, durante la guía vectorial, dichas modificaciones pueden no ser posibles, lo que ocasiona que disminuya considerablemente la capacidad de la aeronave para realizar con precisión un vuelo con perfil completamente optimizado.

2.2.9.2 El ATC debería proporcionar al piloto información oportuna, separación táctica y flexibilidad operacional a fin de facilitar la realización de una CDO. Restricciones de velocidad o de nivel adicionales pueden incrementar el volumen de trabajo del piloto y reducir la eficacia del procedimiento.

### 2.2.10 Fraseología

En el Apéndice 2 se describen las fraseologías y los procedimientos conexos que utilizan los Estados.

### 2.2.11 Instrucción de pilotos

La ejecución óptima de un procedimiento CDO puede exigir que el piloto al mando tome medidas adicionales. Por consiguiente, para la ejecución eficaz y precisa de un procedimiento CDO puede resultar necesario dar instrucción acerca de cuestiones específicas sobre el procedimiento para comenzar la llegada. Entre dichas cuestiones figuran:

- a) las restricciones de velocidad;
- b) las restricciones de nivel o de franqueamiento;
- c) el grado de automatización que debe aplicarse;
- d) el posible efecto del viento, la presión atmosférica, el reglaje del altímetro y las condiciones de engelamiento previstas;
- e) el efecto del nivel de transición; y
- f) la fraseología ATC.

## 2.3 TÉCNICAS ATC

### 2.3.1 Generalidades

2.3.1.1 Para ejecutar con máxima eficacia los procedimientos CDO publicados usando rutas definidas lateral y/o verticalmente se requiere un diseño y una sectorización flexibles del espacio aéreo, dando suficiente margen para permitir que la aeronave descienda de acuerdo con los parámetros calculados por el FMS. Una extensión de la trayectoria de vuelo colocará a la aeronave por debajo de la trayectoria vertical óptima, en tanto que el acortamiento de la ruta colocará a la aeronave por encima de la trayectoria vertical óptima. En el primer caso, es posible que se requiera mayor empuje para lograr el perfil de descenso que se desea en la llegada o aproximación; en el segundo, puede necesitarse, a fin de recuperar el perfil optimizado o la trayectoria de aproximación, una resistencia al avance adicional capaz de aumentar el ruido en tierra y producir incomodidad en los pasajeros durante el viaje.

*Nota.— Es razonable esperar que el piloto al mando intente, cuando sea viable, realizar un descenso continuo dentro de los límites operacionales. Es el piloto al mando quien tiene la autoridad definitiva en relación con la operación de la aeronave, así como la responsabilidad de nunca comprometer la estabilización de la aeronave durante la aproximación final.*

2.3.1.2 Como se dijo en el Capítulo 1, existen dos tipos principales de diseños de procedimientos de descenso continuo:

- a) diseños de trayectoria cerrada, para los que la distancia específica al extremo de la pista se conoce antes de iniciar el procedimiento; y
- b) diseños de trayectoria abierta, para los que la distancia específica no se conoce antes de iniciar el procedimiento.

2.3.1.3 Las derrotas de vuelo de las CDO basadas en guía vectorial serán más dispersas que las de las basadas en perfiles generados por el FMS, las cuales se calculan para una ruta lateral fija predefinida. El procedimiento CDO basado en guía vectorial, que también puede realizar una aeronave sin capacidad RNAV o FMS, exige conocimientos y experiencia operacionales específicos que pueden adquirirse fácilmente. El controlador debería estimar las millas de la derrota aproximadas que deben comunicarse al piloto, de manera que éste pueda planificar un perfil de descenso óptimo basándose en diferentes variables, entre las que figuran la ruta prevista que debe recorrerse en vuelo, los efectos del viento, la performance de la aeronave, el tiempo de reacción del piloto, etc. Ahí donde se ha aplicado, ésta es una tarea de viabilidad demostrada, incluso en un espacio aéreo terminal de alta densidad.

2.3.1.4 En el caso de un procedimiento CDO basado en guía vectorial, el piloto seguirá el perfil vertical con la velocidad vertical de descenso requerida para lograr la pérdida de altura necesaria antes de la captura de la trayectoria de planeo del ILS. La falta de apoyo automatizado a través del FMS puede generar la necesidad de concentrarse más en optimizar el perfil de descenso, en comparación con un procedimiento CDO basado en una ruta predefinida. Esta necesidad puede entrar en conflicto con otras responsabilidades del piloto asociadas a la aproximación y el aterrizaje. Sigue siendo prerrogativa del piloto tomar la decisión de guiarse o no por la información transmitida por el ATC en cuanto a la situación. En el diseño del procedimiento, debería realizarse y tenerse en cuenta una evaluación de los efectos positivos y negativos del volumen de trabajo para todo el descenso.

## **2.3.2 CDO y consideraciones relativas al índice de llegadas de aeropuerto (AAR)**

2.3.2.1 Las CDO no deberían comprometer el AAR y deberían considerarse como una posibilidad dentro del límite permitido por el AAR. A corto plazo, las diferencias entre las distintas performances de las aeronaves, así como en cuanto a las velocidades verticales de descenso y a los puntos y velocidades de descenso óptimos, pueden hacer que sea difícil utilizar al máximo los procedimientos CDO en una ruta fija publicada, manteniendo, al mismo tiempo, un máximo índice de aterrizajes en la pista. La demanda de tráfico puede dictar las intervenciones tácticas del controlador en las afluencias de llegada, de manera que se logre un índice máximo de aterrizajes. Llevar a cabo una secuenciación previa del tránsito antes del punto de integración resulta esencial para aumentar la capacidad al máximo al aplicar procedimientos CDO en trayectoria cerrada. Cuanto más eficazmente se secuencien e integren las aeronaves, mayor será la probabilidad de que éstas mantengan un índice óptimo de CDO. La secuenciación previa puede llevarse a cabo mediante un alargamiento lateral táctico de la ruta (usando guía vectorial o métodos de secuenciación por punto de integración) y/o controlando la velocidad.

2.3.2.2 Durante períodos de mayor actividad, dependiendo de la configuración de la pista, el uso simultáneo de dos procedimientos CDO puede no resultar compatible con operaciones en pistas paralelas, debido al requisito de separación vertical de 1 000 ft en el tramo intermedio de la aproximación. La falta de un tramo horizontal en el caso de un procedimiento CDO puede exigir operaciones dependientes con separación longitudinal antes de interceptar la aproximación final. Esto puede hacer que disminuya la capacidad o que se apliquen ángulos de interceptación extremadamente pequeños en la aproximación final. Esto dará a los controladores mayor tiempo para la vigilancia y las comunicaciones.

## **2.3.3 Instrucción ATC**

2.3.3.1 Los controladores deberían adquirir un conocimiento profundo de los beneficios operacionales y de las consecuencias de los procedimientos CDO, de los perfiles asociados a las CDO y, en particular, del tipo de CDO que se

controla en su dependencia ATC. Para realizar CDO es necesario contar con instrucción y conocimientos operacionales específicos. La instrucción en el puesto de trabajo o los ejercicios realistas de simulación y la capacitación constante deberían ser partes esenciales del proceso de instrucción para garantizar la competencia de los controladores, quienes, también, deberían comprender los fundamentos de gestión de la energía de las aeronaves y las ventajas y desventajas ambientales inherentes a las CDO, en especial, las repercusiones del control de velocidad y de las modificaciones de la trayectoria, así como ser conscientes de la necesidad de que las comunicaciones controlador-piloto no sean ambiguas.

2.3.3.2 Durante la fase de diseño de un procedimiento de CDO o antes de los ensayos de vuelo, simulaciones ATC y de vuelo conjuntas permitirán a los controladores y a los pilotos entender mejor los problemas y las limitaciones que cada uno de ellos enfrentan.

### **2.3.4 Volumen de trabajo de los controladores**

2.3.4.1 Cuando se emplean procedimientos CDO basados en guía vectorial, el volumen de trabajo de los controladores puede aumentar en algunas áreas y disminuir en otras (p. ej., la gestión de nivelaciones de altura). Proporcionar al piloto la información sobre la distancia por recorrer exige que el controlador pronostique las millas reales de la trayectoria de vuelo que deben recorrerse en vuelo. Puesto que la información sobre la distancia por recorrer no puede integrarse automáticamente en la trayectoria de vuelo pronosticada, los resultados logrados serán, cuando mucho, aproximaciones burdas de lo que una trayectoria óptima podría ser. Imponer restricciones de velocidad o nivel puede aumentar el volumen de trabajo del piloto y reducir la eficacia del procedimiento. De ser necesario en virtud de los requisitos de separación u otras circunstancias pertinentes, el controlador emitirá una autorización modificada con las restricciones de nivel o velocidad revisadas, terminando así el descenso continuo.

2.3.4.2 Los procedimientos CDO en trayectoria cerrada pueden ofrecer una trayectoria de vuelo predecible, lo que reduce el nivel de las comunicaciones controlador-piloto y posiblemente el volumen de trabajo de éstos.

### **2.3.5 Facilitación ATC**

#### ***Distintas opciones de CDO***

2.3.5.1 Las CDO pueden iniciarse en cualquier lugar, desde el comienzo del descenso (TOD), en la STAR, o en el IAF o más allá del mismo. El punto en el que se inicia un descenso continuo constituye un factor decisivo al definir la manera en que se llevará a cabo el procedimiento y al determinar cuándo se realizarán las acciones pertinentes. También, puede suceder que para un vuelo individual se facilite la CDO hasta un circuito de espera y luego, nuevamente, del circuito de espera hasta el punto de toma de contacto. Por consiguiente, en un vuelo puede haber más de un tramo de una CDO.

2.3.5.2 Para lograr un rendimiento de combustible y una reducción en las emisiones óptimos, las CDO deberían comenzar al finalizar la fase en ruta e iniciarse en el TOD o antes. Debería considerarse que un descenso inicial con un reglaje de empuje mínimo constituye una práctica normal, siempre y cuando sea posible.

#### ***Técnicas de secuenciación en relación con las CDO y AAR óptimos***

2.3.5.3 La aplicación de procedimientos CDO en el sistema de tránsito aéreo, así como su impacto en la secuenciación y en los índices de aterrizajes, depende del nivel de densidad del tránsito y de los tipos de vuelo de que se trate. La aplicación de los procedimientos puede variar durante las horas de operación. Desde un punto de vista estrictamente ambiental, la aplicación de procedimientos CDO puede ser ventajosa sin importar la dimensión del

aeropuerto. A excepción de espacios aéreos muy complejos, debería ser posible permitir ciertas CDO en la mayoría de los aeropuertos.

2.3.5.4 Si bien la aplicación de CDO se verá, por lo general, como un beneficio ambiental sin importar la dimensión del aeropuerto, deberían considerarse sus consecuencias.

2.3.5.5 En colaboración con otras partes interesadas en el ámbito operacional, el ATC debería ser capaz de poner en práctica la mejor combinación de técnicas de facilitación, a fin de ajustarse a las situaciones de tránsito presentes y futuras. Cuando sea viable, debería permitirse realizar CDO con perfiles planificados de antemano a partir de niveles lo más elevados posibles, aprovechando toda la capacidad de los sistemas de a bordo y terrestres. Cuando los niveles de tránsito o los requisitos operacionales dicten otra cosa, puede ser necesario regresar a procedimientos CDO, o que no son CDO, basados en guía vectorial.

2.3.5.6 Las dependencias ATC deberían aprovechar, mediante colaboración, las oportunidades tácticas para ofrecer CDO desde el TOD y tratar de optimizar con el tiempo la cantidad y extensión de las CDO.

### ***Cartas de acuerdo***

2.3.5.7 Para preparar la implantación de CDO, deberían examinarse y actualizarse, según sea necesario, las cartas de acuerdo entre las dependencias ATC y los sectores afectados, teniendo en cuenta que las CDO pueden conllevar cambios para las trayectorias vertical y horizontal de vuelo.

---

## Capítulo 3

# ASPECTOS GENERALES Y PRERREQUISITOS RELATIVOS A LA IMPLANTACIÓN DE CDO

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La presente sección ofrece un proceso modelo para implantar CDO. Esta guía para llevar a cabo la implantación no es un arquetipo y puede modificarse de acuerdo con los requisitos, las cuestiones y las consideraciones locales. El proceso de colaboración que se emplea en implantar las CDO puede aplicarse para hacer avanzar otras iniciativas ambientales de carácter operacional en relación con las aeronaves.

#### 3.1.1 Principios de implantación de CDO

Antes y durante el proceso de implantación, es importante seguir los principios que se mencionan a continuación:

- a) de ninguna manera debe comprometerse la seguridad de las operaciones;
- b) es esencial la colaboración entre los ANSP, los explotadores de aeronave y los explotadores de aeropuertos;
- c) no siempre son convenientes las CDO hasta el FAP/FAF/IF/IAF. Sin embargo, un método híbrido de procedimiento CDO hasta un nivel y punto de recorrido especificados seguidos por vectores hasta el curso de aproximación FAF/final puede ser una solución viable;
- d) las CDO no deberían considerarse en forma aislada, sino a la luz del conjunto de operaciones en curso, p. ej., las implicaciones para las salidas y cualquier cambio planificado, como la aplicación de cambios en el espacio aéreo, las aproximaciones RNAV 1/RNP 1 o los sistemas automatizados avanzados;
- e) la eficacia de un procedimiento CDO reside en las autorizaciones que impiden el comienzo temprano o tardío del descenso, usando un empuje mínimo siempre que sea posible, evitando el vuelo horizontal innecesario y permitiendo a la aeronave volar a velocidades y en trayectorias que les permitan operar de la manera más eficiente posible;
- f) un procedimiento CDO óptimo requiere una trayectoria lateral fija y una trayectoria vertical planificada de antemano que permita a la aeronave descender sin impedimentos. Las restricciones de nivel publicadas deberían definirse para permitir a las aeronaves descender sin impedimentos;
- g) a niveles más altos, donde el ruido es menos importante, los principales objetivos son mejorar el rendimiento de combustible y reducir más las emisiones;
- h) la gestión de la energía es crítica para el éxito de las CDO. Un control apropiado de la velocidad puede ayudar; una pequeña reducción de la velocidad de aproximación puede reducir en forma importante el impacto del ruido;
- i) lo ideal es un descenso continuo completo a partir del TOD, que debería iniciarse cuando sea tácticamente posible;

- j) sigue siendo aconsejable un descenso continuo parcial en sectores particulares y a niveles más bajos, ya que se obtiene un ahorro de combustible por vuelo de 50 a 100 kg;
- k) en un aeropuerto, pueden emplearse diferentes procedimientos/perfiles CDO para ajustarse a condiciones cambiantes. Sin embargo, en dichas circunstancias, es necesario establecer acuerdos de coordinación ATC apropiados para evitar posibles confusiones;
- l) las CDO son una posibilidad y no deberían afectar negativamente a la capacidad. Empezar por lo fácil y adquirir experiencia es un enfoque que permitirá prepararse para las tecnologías nuevas;
- m) los procedimientos CDO no deberían ocasionar mayores desventajas a otras operaciones al considerar la operación en su conjunto;
- n) evaluar el nivel inicial de funcionamiento del sistema constituye un primer paso fundamental; y
- o) para cambios en las derrotas de vuelo proyectadas en tierra puede requerirse consultar a entidades externas, como parte de los procesos de obtención del consentimiento local y/o de los trámites legales.

### 3.2 DIAGRAMA DEL PROCESO DE IMPLANTACIÓN

3.2.1 En la Figura 3-1 se ilustra un proceso que permite implantar las CDO en forma eficaz.

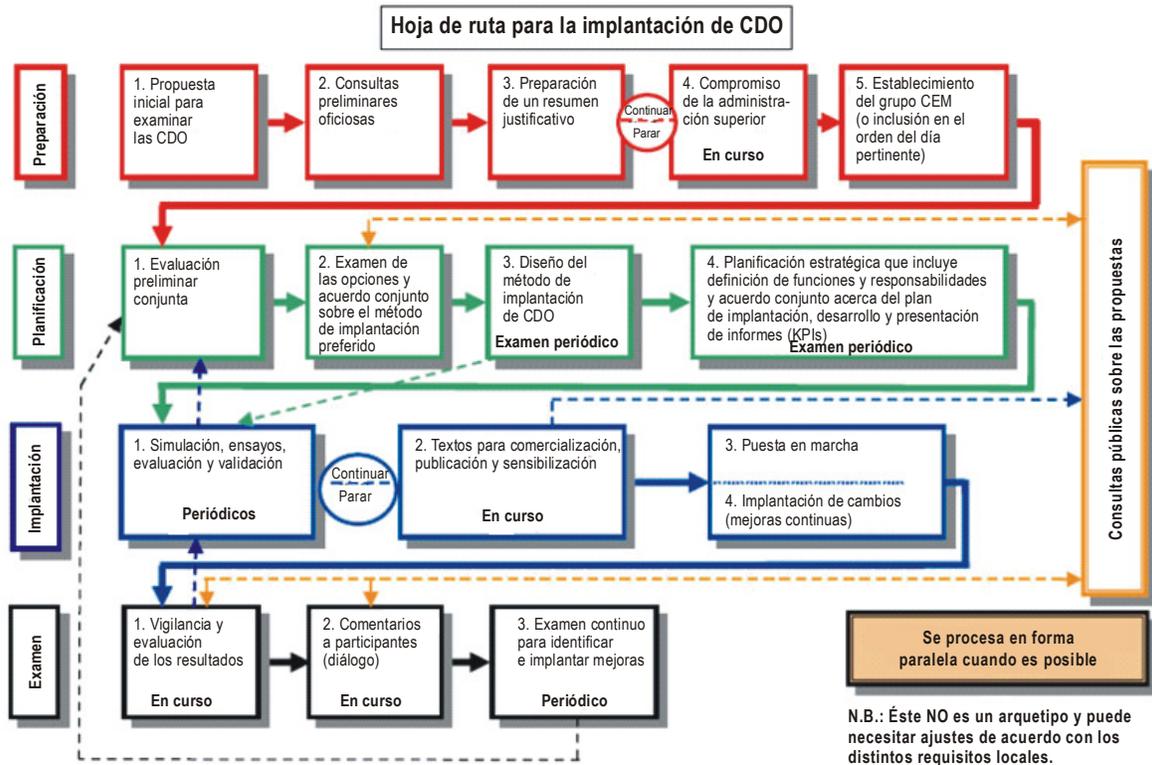


Figura 3-1. Hoja de ruta para la implantación de CDO

3.2.2 En la Figura 3-1 se aprecia la totalidad del programa, desde el concepto inicial hasta la planificación, implantación y examen. Las primeras etapas se asocian, principalmente, con la educación y la obtención del apoyo de la administración superior.

3.2.3 Centrándose en las fases que son necesarias cuando se ha dado el visto bueno para proseguir, la Tabla 3-1 ofrece una base sobre la cual puede desarrollarse un plan de gestión de proyectos. Esta tabla podría ser parte de un plan de acción PBN estatal.

**Tabla 3-1. Plan de gestión de proyectos**

Título	Fecha de inicio	Fecha límite	Punto de contacto	Situación
Diseño conceptual				
Examen de las partes interesadas				
Diseño revisado (aplicación de criterios)				
Examen de las partes interesadas				
Simulación en computadora de escritorio (validación en tierra)				
Evaluación en simulador de vuelo (validación en tierra)				
Evaluación en simulador ATC (derrota de vuelo/rastro radar)				
Evaluación inicial de la seguridad operacional				
Examen de las partes interesadas				
Examen del procedimiento operacional y de la instrucción (ATC y tripulación de vuelo)				
Examen de los sistemas ATC				
Documentación sobre los procedimientos ATC/operacionales				
Examen de las partes interesadas				
Validación del vuelo (ensayos)				
Actualización de la evaluación de la seguridad operacional				
Decisión acerca de la implantación				
Adaptación y validación del sistema ATC				
Instrucción y notificación				
Ensayos de operaciones de vuelo				
Procedimiento listo para aplicarse				
Decisión para autorizar la operación				
Análisis después de implantar el procedimiento				
Examen de carácter ambiental				
Actualización de la evaluación de la seguridad operacional a partir de las experiencias				

### 3.3 LA IMPORTANCIA DE UNA COLABORACIÓN EFECTIVA

3.3.1 Para que la implantación de las CDO tenga éxito, es necesario que todas las partes interesadas colaboren adecuadamente. Si bien el tema de la implantación de las CDO podría incluirse en el orden del día de un grupo de colaboración ya existente, es recomendable que se establezca un grupo de colaboración específico para las CDO. Éste debería estar integrado por todas las partes interesadas. No se optimizará la implantación de las CDO de la noche a la mañana; en realidad, debería considerarse que las CDO son un medio y no un fin.

3.3.2 En el Apéndice 1 de este manual figuran ejemplos de atribuciones para un Grupo de colaboración para la implantación de CDO (CG) y un Grupo de implantación de CDO (CIG).

### 3.4 RELACIONES Y CONSULTA CON LA COMUNIDAD

La introducción de CDO puede ofrecer beneficios en términos de reducción del ruido, pero también cambiar la naturaleza de los impactos del ruido o los lugares donde éstos se producen. Si bien es probable que gran parte de la zona poblada se beneficie de una reducción del ruido, es posible que una minoría se vea sujeta a un aumento del ruido. Por consiguiente, tal vez se requiera llevar a cabo una consulta externa con las partes interesadas en la etapa de selección de opciones y se tengan que alterar las zonas destinadas a una planificación de la utilización de los terrenos. Esta consulta debería llevarse a cabo por conducto de los canales de relaciones con la comunidad ya establecidos, cuando éstos existan.

*Nota.— Por ejemplo, introducir STAR que sigan CDO puede dar como resultado que los vuelos se concentren sobre los ejes de ruta normales. Sin embargo, facilitar las CDO usando técnicas de puntos de integración puede cambiar los perfiles laterales de las aeronaves.*

### 3.5 CONTEXTO NORMATIVO

3.5.1 Es importante comprender el contexto normativo para justificar la implantación local de CDO y garantizar altos niveles de participación. Las CDO pueden constituir un objetivo estratégico a nivel internacional, estatal o local, y, en ese sentido, dar origen a un examen de la estructura del espacio aéreo. Por ejemplo, la producción de curvas de nivel de ruido podría ya suponer una aproximación final en descenso continuo de 3°. Por consiguiente, incluso si la eficiencia para disminuir el ruido se mejorara en algunas áreas alrededor del aeropuerto, es posible que esto no repercuta en las curvas de nivel de ruido ya existentes. De igual manera, tal vez las CDO no afecten a la performance de vuelo dentro del área donde se encuentran las curvas de nivel de ruido más importantes, es decir, las que representan los niveles de ruido en que se basa la toma de decisiones. Es importante no crear en el público expectativas irrealistas, pero, al mismo tiempo, es fundamental dar a conocer las mejoras y los resultados positivos que se obtienen con la implantación de las CDO.

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

3.5.3 La implantación inicial simple o limitada de las CDO debería verse como el primer paso para mejorar continuamente las CDO. Una cultura que no atribuya culpas es fundamental para favorecer el debate abierto y franco en torno a cuestiones de seguridad operacional y eficacia que sirva de base para introducir mejoras.

3.5.4 Es posible que, para algunos aeropuertos, las CDO no resulten posibles a causa de la complejidad de las operaciones, de un desequilibrio entre los pros y los contras o de las restricciones del espacio aéreo. En esos casos, es importante elaborar un informe pormenorizando el proceso empleado para llegar a las conclusiones finales y el razonamiento que llevó a rechazar la introducción de CDO. Dicho informe facilitará el diálogo con la comunidad y las autoridades normativas. También, ofrecerá información útil que se aprovechará en el futuro cuando se considere implantar las CDO.

---



## **Parte B**

# **ORIENTACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN**



# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE IMPLANTACIÓN

### 1.1 ETAPAS DEL PROCESO DE IMPLANTACIÓN

Las etapas siguientes constituyen un mapa para implantar CDO. El grado de esfuerzo o el tiempo invertido en cada etapa dependerá de varios factores locales, incluso del grado de colaboración operacional ya establecido entre todas las partes interesadas. El proceso se basa en el método tradicional de planificar, hacer, comprobar y actuar, y consta de cuatro fases de implantación de CDO principales.

#### 1.1.1 Propuesta inicial de estudiar la implantación de CDO

1.1.1.1 Cualquier parte interesada puede proponer que se inicie la implantación de las CDO. La persona que propone iniciar las CDO se denominará, en lo sucesivo, “el iniciador”.

1.1.1.2 Quizá no sea posible para el iniciador llevar a cabo una evaluación preliminar completa de la viabilidad de las CDO en esta etapa; sin embargo, el contexto y las consideraciones normativas siguientes pueden usarse para justificarlas:

- a) la orientación normativa nacional o local;
- b) los planes de desarrollo aeroportuario y/o del espacio aéreo;
- c) los planes existentes correspondientes a las CDO, si los hay;
- d) las fuentes de orientación y apoyo práctico;
- e) los posibles beneficios y riesgos de carácter genérico; y
- f) en forma optativa, una propuesta general para llevar a cabo procesos de consulta preliminares oficiosos.

1.1.1.3 A la luz de este examen oficioso en relación con los puntos antes mencionados, el iniciador debería preparar un breve informe preliminar para atraer el interés de terceros interesados del área operacional. Es importante hacer que todas las partes interesadas del área operacional participen desde el principio por medio de redes de contactos oficiosas. Esto puede lograrse de manera muy eficaz mediante un seminario práctico dedicado a las CDO, a niveles local, regional y/o nacional, concebido para:

- a) llegar a un entendimiento común acerca de la presente situación operacional de los aeropuertos y respecto a posibles mejoras operacionales;
- b) llegar a un entendimiento común acerca de las oportunidades, beneficios, lagunas, problemas y riesgos relacionados con las CDO desde diferentes perspectivas operacionales;
- c) decidir conjuntamente si las CDO se consideran lo suficientemente viables para proseguir con el proceso de implantación y, en caso afirmativo:

- d) llegar a un acuerdo “en principio” sobre la manera de avanzar (es decir, sobre algunas de las medidas que deben tomarse a continuación) con base en esta orientación; y
- e) designar los puntos de contacto (iniciales) y definir las medidas y los plazos para aplicarlos que resulten del seminario práctico.

1.1.1.4 Entre los participantes de un seminario de esa naturaleza figurarían:

- a) representantes de explotadores de aeronave, incluidos:
  - 1) encargados de definir políticas y tomar decisiones;
  - 2) pilotos de primera clase; y
  - 3) personal de apoyo técnico (incluidos expertos en FMS);
- b) representantes de ANSP, incluidos:
  - 1) encargados de definir políticas y tomar decisiones;
  - 2) administradores y controladores de las dependencias ATC afectadas;
  - 3) diseñadores del espacio aéreo; y
  - 4) diseñadores de procedimientos;
- c) representantes de explotadores de aeródromo, incluidos:
  - 1) personal del departamento de medio ambiente; y
  - 2) personal del departamento de operaciones;
- d) en forma optativa, participarían los siguientes:
  - 1) encargados de los reglamentos aeronáuticos;
  - 2) ministros de transporte;
  - 3) representantes de la industria;
  - 4) organizaciones u organismos internacionales; y
  - 5) ministros responsables del medio ambiente.

## 1.2 PREPARACIÓN DE UN RESUMEN JUSTIFICATIVO DE LAS CDO

1.2.1 Ofrecer un resumen que justifique en forma bien fundamentada la implantación de las CDO garantizará el compromiso de la administración superior, que es esencial, y, por lo tanto, la asignación de recursos para hacer avanzar dicha implantación. Este resumen justificativo puede elaborarse, en gran medida, a partir de los resultados del seminario práctico de la etapa precedente. A continuación figura un plan modelo:

- a) hacer un resumen describiendo las CDO propuestas, sus incentivos y el contexto normativo;
- b) describir el apoyo práctico con que se cuenta;
- c) hacer un resumen estimando los posibles beneficios y costos (las ventajas del resumen se tratan posteriormente en este manual);
- d) esbozar una hoja de ruta para el proceso de implantación, que incluya las aprobaciones que son necesarias y los puntos de toma de decisiones acerca de si se debe continuar o parar el proyecto, así

como los arreglos de trabajo propuestos, que abarquen los puntos de contacto y las partes interesadas principales propuestas<sup>1</sup> (mencionando al jefe del proyecto, si se conoce);

- e) definir los requisitos necesarios para obtener compromisos de alto nivel (qué se espera de los encargados de tomar decisiones y definir políticas en relación con las CDO);
- f) formular recomendaciones; y
- g) incluir anexos con:
  - 1) la descripción y los resultados del seminario práctico;
  - 2) los posibles candidatos para la facilitación de CDO; y
  - 3) las lagunas y riesgos.

1.2.2 Para que la implantación de las CDO tenga éxito, es esencial obtener el compromiso de la administración superior de cada parte interesada, a fin de dar prioridad a la labor, impulsar el progreso y liberar los recursos que se requieren. Para algunos Estados, y en especial cuando las partes interesadas en el ámbito operacional son las autoridades estatales, puede requerirse un acuerdo oficial o jurídico para que la colaboración pueda tener lugar. En algunos casos, es posible que se exija la aprobación de una autoridad reguladora estatal para que la implantación de las CDO avance más allá de un punto determinado.

### 1.3 ESTABLECIMIENTO DE UN GRUPO DE COLABORACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DE CDO

1.3.1 Una vez confirmado el compromiso de la administración superior, los acuerdos officiosos para realizar consultas y los puntos de contacto convenidos deberían consolidarse en un acuerdo de trabajo de carácter oficial.

1.3.2 Las tareas iniciales comprenderán:

- a) asegurarse de llegar a un entendimiento común respecto del trabajo realizado a la fecha;
- b) acordar las atribuciones (en el Apéndice 1 figura un modelo);
- c) identificar las aptitudes que se exigen, conseguir miembros y/o mantener informados a partidarios acerca de los posibles requisitos para dar apoyo;
- d) acordar la hoja de ruta inicial (puede utilizarse la hoja de ruta de la presente orientación, pormenorizando aún más la fase de planificación);
- e) acordar las funciones y responsabilidades; y
- f) establecer los procesos de consulta y presentación de informes.

---

1. Si la motivación para implantar las CDO son los requisitos de atenuación del ruido, la parte interesada principal podría ser la organización jurídicamente responsable en el ámbito ambiental, que comúnmente es el explotador de aeródromo.



## Capítulo 2

# PLANIFICACIÓN

### 2.1 EVALUACIÓN PRELIMINAR CONJUNTA

2.1.1 Realizar en forma conjunta una evaluación preliminar rigurosa de las CDO garantizará que las fases sucesivas de implantación de las CDO se apoyen en bases firmes. El propósito general es determinar conjuntamente si las CDO son posibles y viables.

2.1.2 Esto requerirá considerar en forma conjunta:

- a) cuál es la situación de punto de partida<sup>2</sup>;
- b) cuáles son los cambios, en términos de la eficacia, p. ej., positivos o negativos, que podrían derivarse de las CDO;
- c) cuáles son las barreras, riesgos y prerrequisitos directos e indirectos existentes (a alto nivel); y
- d) cuáles son las alternativas y combinaciones que deberían considerarse para facilitar las CDO.

2.1.3 La evaluación preliminar debería ser de gran alcance, describirse detalladamente y tener en cuenta cuestiones fundamentales, por ejemplo:

- a) dónde vuelan las aeronaves en relación con los centros de población;
- b) cómo interactúan las llegadas y salidas;
- c) usando los datos de, por ejemplo, sistemas de control de la trayectoria y los registros de datos radar/de vuelo, cuáles son los perfiles vigentes de llegadas/aproximaciones y salidas en el plano vertical y en qué medida se realizan vuelos horizontales en las llegadas/aproximaciones y salidas;
- d) en qué medida se realizan CDO en el momento presente;
- e) qué planes o proyectos pertinentes están en vías de realizarse en relación con el espacio aéreo y los aeropuertos;
- f) cuáles son los reglamentos y las políticas pertinentes, por ejemplo, en materia de requisitos de consulta;
- g) qué capacidades se requerirán, por ejemplo, en términos de ATC y simulación de vuelo, vigilancia y mecanismos para hacer comentarios;

---

2. La situación de punto de partida puede corresponder a la situación que prevalezca antes de implantar las CDO, pero si las CDO son parte de un cambio a nivel operacional o del desarrollo de infraestructura, es posible que la situación de punto de partida corresponda a la de "mantener el estado de cosas existente" o "no llevar a cabo CDO", según los plazos de planificación.

- h) qué efectos conexos pueden existir, por ejemplo, efectos en la capacidad o en los perfiles de salida;
- i) qué riesgos existen y qué se requiere para reducirlos, por ejemplo, cómo puede afectar el crecimiento del tránsito a la capacidad de realizar CDO;
- j) de qué manera las obligaciones de llevar a cabo consultas podrían retrasar la implantación de CDO;
- k) qué efectos pueden ocurrir en el impacto del ruido, por ejemplo, cambios en los lugares geográficos que están sujetos al impacto del ruido, en la concentración o en la dispersión de dicho impacto; y
- l) qué oportunidades existen de obtener resultados rápidos como, por ejemplo, la rápida implantación de CDO tácticas cuando la densidad del tránsito sea muy baja.

## **2.2 EXAMEN DE OPCIONES Y ACUERDO CONJUNTO SOBRE EL MÉTODO DE IMPLANTACIÓN PREFERIDO**

2.2.1 Es esencial examinar todas las opciones para facilitar la implantación de las CDO, así como el alcance de cualquier procedimiento CDO, p. ej., el punto/nivel de su comienzo y el punto/nivel donde termina. Esto es especialmente importante si el método de evaluación se rige por la legislación en materia de evaluación del impacto ambiental, lo que requiere que se consideren alternativas.

2.2.2 Estas alternativas podrían incluir:

- a) los métodos para facilitar las CDO descritos anteriormente en este documento;
- b) la introducción gradual durante períodos de poco tránsito;
- c) la introducción gradual durante períodos en los que los niveles de densidad de tránsito son mayores con apoyo automatizado u otras formas de facilitación;
- d) métodos de facilitación sencillos o combinados;
- e) la combinación de rutas RNAV en las fases iniciales de llegada/aproximación, cuando la secuenciación pueda resultar menos compleja con guía vectorial a altitudes más bajas;
- f) la combinación de técnicas con procedimientos y con guía vectorial, como la de punto de integración, en cuyo caso se proporciona una aproximación en ruta de vuelo fija RNAV con la intención de ofrecer una instrucción “directo a” para llevar a la aeronave con guía vectorial desde la ruta hacia un “punto de integración” fijo;
- g) la iniciación de las CDO desde diferentes niveles durante períodos en los que varía la densidad de tránsito; y
- h) la iniciación de las CDO desde el TOD en períodos de menor actividad.

## **2.3 DISEÑO RELATIVO A LA OPCIÓN PREFERIDA PARA FACILITAR LAS CDO**

2.3.1 Ya para esta etapa se habrá descrito la opción definitiva que se seleccionó para implantar las CDO, dando las justificaciones pertinentes que expliquen cómo y por qué se eligió.

- 2.3.2 Ahora, es necesario elaborar el diseño relativo a la opción preferida, para lo cual se requerirá lo siguiente:
- a) examinar los reglamentos y los textos de orientación pertinentes para asegurarse de que la opción se ajusta a los mismos;
  - b) determinar si es necesario introducir cambios en el espacio aéreo;
  - c) decidir acerca del diseño de los procedimientos que deben implantarse;
  - d) determinar qué cambios se requiere introducir en los manuales, procedimientos, cartas de acuerdo y otra documentación pertinente que emplean los explotadores de aeronave y los proveedores de servicios;
  - e) determinar cuáles son los elementos técnicos indispensables que deben estar listos para iniciar la implantación, p. ej., requisitos y ayudas para la navegación, actualización del soporte lógico de los sistemas de a bordo y terrestres, etc.;
  - f) determinar los requisitos de instrucción; y
  - g) actualizar la evaluación inicial de la seguridad operacional.

## 2.4 PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

2.4.1 Es importante que todas las partes interesadas acuerden y apoyen el plan estratégico para implantar la opción elegida para las CDO.

2.4.2 Se requerirá un documento en el que se establezca un acuerdo conjunto que cubra las cuestiones siguientes:

- a) la gestión básica del proyecto;
- b) las fases de desarrollo continuo de las CDO (enumerando cada una de las etapas que conducen a una visión de más largo plazo);
- c) las actividades de trayectoria crítica y su gestión;
- d) las funciones y responsabilidades individuales;
- e) las estructuras jerárquicas para fines de gestión de proyectos y de evaluación de la implantación de las CDO;
- f) el índice de éxito en la implantación de las CDO, p. ej., el porcentaje de CDO logradas y/o la cantidad de combustible ahorrada y de emisiones que se redujeron;
- g) los requisitos de seguridad operacional para llevar a cabo los ensayos operacionales, a fin de garantizar que las pruebas de simulación y validación den como resultado ensayos operacionales seguros; y
- h) la evaluación de la gestión de riesgos.

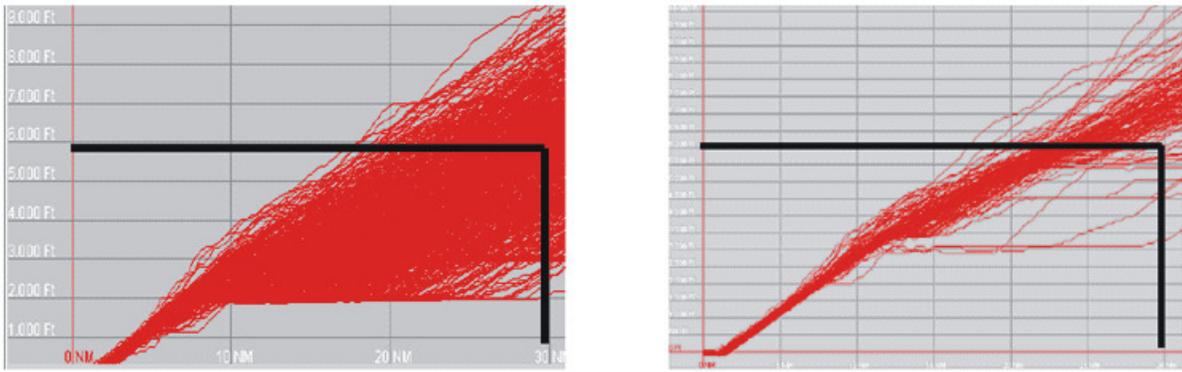


Figura 2-1. Comparación de perfiles de aeronave reales con y sin operaciones CDO

# Capítulo 3

## IMPLANTACIÓN

### 3.1 SIMULACIÓN Y VALIDACIÓN

3.1.1 En esta etapa del proceso, es necesario llevar a cabo simulaciones de vuelo y ATC más minuciosas. En esta actividad deberían participar todas las personas que tengan que ver con la implantación de cualquier ensayo y que tomen parte en el mismo, con la finalidad de garantizar la viabilidad de la opción elegida, fomentar la aceptación y el entendimiento antes de que los ensayos de vuelo comiencen.

3.1.2 La evaluación inicial de la seguridad operacional debería volverse a verificar y actualizar, de ser necesario, con la intención de posibilitar la realización de ensayos de vuelo operacionales. Esto puede requerir la aprobación de la persona encargada de la reglamentación aeronáutica. Suponiendo que la opción preferida se valide, la categoría del plan estratégico debería elevarse, por mutuo acuerdo, a la de un plan de implantación que incluya las responsabilidades específicas, los procesos generales de las comunicaciones, la instrucción, cómo manejar los sucesos que no se planificaron o las desviaciones respecto del plan y la notificación rápida de los problemas de seguridad operacional. Antes de iniciar las CDO, debería confirmarse en forma conjunta que el plan de ensayos y su implantación son a prueba de fallas.

3.1.3 *Consideraciones sobre los factores humanos de las CDO.* Las CDO se están implantando en todo el mundo como parte de una transición a un sistema de navegación basada en la performance. Estos procedimientos ofrecen importantes beneficios y también han hecho surgir algunos problemas que tienen que ver con factores humanos. En los problemas intervienen aspectos que se relacionan con el control del tránsito aéreo, los procedimientos de las líneas aéreas, los sistemas de aeronave y el diseño de procedimientos. Existe la necesidad de contar con directrices específicas sobre el diseño de procedimientos por instrumentos en las que se consideren los efectos del desempeño humano. En el artículo siguiente, preparado por la NASA, se analizan problemas de factores humanos y se proponen áreas que deben estudiarse más a fondo.

*“Human factors consideration for area navigation departure and arrival procedures”, Richard Barhydt y Catherine A. Adams, Centro de Investigación Langley de la NASA.*

[http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20060048293\\_2006250467.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20060048293_2006250467.pdf)

### 3.2 PUNTO DE TOMA DE DECISIONES (CONTINUAR O PARAR)

Ya con los resultados de las actividades de simulación y validación, y siempre y cuando la evaluación de la seguridad operacional demuestre que todos los peligros encontrados se manejaron para lograr un nivel de riesgo aceptable, llegó el momento de que la administración superior apruebe los planes para continuar.

### 3.3 ENSAYOS OPERACIONALES CDO Y MEJORAS ITERATIVAS

3.3.1 El grupo de colaboración debería reunirse para asegurarse de que todas las personas que participan comprendan la finalidad general de los ensayos, cómo operan éstos y cuál es la función que dichas personas desempeñan en los mismos.

3.3.2 Los ensayos pueden implantarse inicialmente en forma limitada, p. ej., para una sola pista, en condiciones de bajos niveles de densidad de tránsito y con un número limitado de explotadores de aeronave, o sólo con la línea aérea principal, cuando esto sea pertinente. En forma alternativa, pueden desarrollarse métodos y procedimientos para implantar los ensayos con fines tácticos. Para los dos enfoques de implantación, es necesario establecer procedimientos ATC definidos para la integración de aeronaves que no participan en los ensayos CDO.

3.3.3 Vigilar cómo evoluciona la ejecución de las CDO será un aspecto importante y habrá necesidad de correlacionar:

- a) en qué medida y cómo se ofrecieron y/o siguieron las CDO;
- b) la identificación de las aeronaves;
- c) la información sobre la performance de vuelo; y
- d) las razones por las que no se ejecutó el procedimiento CDO, si éste es el caso.

3.3.4 Todas las partes que tienen que ver con los ensayos CDO necesitan ser informadas de que se decidió continuar y deben tener acceso al plan de ensayos. En este plan se mencionará a quién se delegó la responsabilidad de garantizar que los controladores y los pilotos estén preparados, así como las actividades de instrucción, con el propósito de continuar con los ensayos operacionales.

### Evaluación

3.3.5 La evaluación de la ejecución de CDO debería apoyarse en los resultados y la evolución de los ensayos y cubrir los aspectos de mayor importancia para las circunstancias locales.

3.3.6 Entre estos aspectos figurarían:

- a) una evaluación actualizada de la seguridad operacional e información actual sobre las necesidades en materia de seguridad operacional;
- b) la rentabilidad, en particular, los ahorros de combustible de aeronave;
- c) el impacto del volumen de trabajo en las tripulaciones de vuelo y los controladores;
- d) los impactos ambientales, ruido y emisiones incluidos;
- e) el efecto en la capacidad;
- f) el efecto en los requisitos de instrucción; y
- g) los comentarios hechos a los participantes.

3.3.7 Es fundamental definir los parámetros con los que se medirá cuántas aeronaves reciben la autorización para participar en ejecutar una CDO y cuántas en realidad la ejecutan. Los parámetros deberían ser suficientemente flexibles de manera que se mantenga un buen equilibrio entre permitir que un número máximo de aeronaves logre realizar el procedimiento CDO y permitir que las aeronaves lleven a cabo un descenso perfecto sin restricciones al realizar una CDO.

### Textos de instrucción y sensibilización

3.3.8 Para implantar completamente las CDO, deberían producirse y publicarse textos de orientación y sensibilización a nivel local, además de la publicación oficial de las CDO.

3.3.9 Los textos de apoyo, con fines de instrucción y sensibilización, podrían incluir:

- a) los beneficios de las CDO y su importancia a nivel local;
- b) los requisitos de instrucción para el método elegido (cerrado o abierto) de facilitación de CDO;
- c) un folleto sencillo en el que se describan la finalidad y los requisitos de las CDO;
- d) las funciones y responsabilidades individuales relativas a la realización de cada vuelo CDO; y
- e) el método para hacer regularmente comentarios a todos los participantes en relación con el progreso alcanzado.

3.3.10 A partir del proceso previo de consulta bilateral, también debería mantenerse a la comunidad local informada acerca de la intención de pasar de los ensayos a la implantación completa de las CDO. Deberían definirse procesos para obtener el compromiso permanente de la comunidad y mantenerla continuamente informada.

## 3.4 IMPLANTACIÓN COMPLETA

3.4.1 En la medida en que los resultados de los ensayos sean satisfactorios, la implantación completa de las CDO debería llevarse a cabo a través de los canales establecidos.

3.4.2 Los siguientes aspectos deberían tenerse en cuenta:

- a) la obligación de llevar a cabo consultas oficiales;
  - b) la fecha del período de arranque, estableciendo los ciclos de publicación; y
  - c) la vigilancia de la implantación y el examen de sus resultados.
-



## Capítulo 4

### EXAMEN

#### 4.1 COMENTARIOS A LOS PARTICIPANTES Y CONSULTA ENTRE LOS MISMOS

4.1.1 Para tener éxito en la implantación de las CDO y en su aplicación permanente, es esencial hacer regularmente comentarios a todos los interesados del área operacional. Igualmente esencial es ofrecer a quienes participan en las CDO un canal basado en una “cultura de justicia” para que comuniquen problemas de seguridad operacional y propongan mejoras. Cualquier problema de seguridad operacional que se comunique debería resolverse con carácter prioritario. También, es esencial ocuparse de las mejoras específicas que se determinó llevar a cabo luego de haber realizado un examen más formal de los problemas concretos detectados durante el proceso de vigilancia de la implantación de CDO.

4.1.2 También, es importante comunicar constantemente a la comunidad el avance de las actividades y, por medio de los canales establecidos, preguntarle cuál es su opinión y qué percepción tiene acerca de los efectos de las CDO.

#### 4.2 EXAMEN Y PLANIFICACIÓN CONTINUOS DE MEJORAS CDO

El equipo de trabajo encargado de colaborar en las CDO, p. ej., el Grupo de implantación de CDO, debería también asumir una responsabilidad permanente en:

- a) examinar cómo avanza y se lleva a cabo la implantación de las CDO;
- b) vigilar los adelantos externos en tecnología y prácticas;
- c) examinar los posibles cambios locales, p. ej., cambios en el espacio aéreo o la implantación de nuevas herramientas de controlador, que puedan ofrecer oportunidades o representar riesgos para la ejecución de CDO; y
- d) implantar mejoras.



## Apéndice 1

### EJEMPLO DE ATRIBUCIONES

#### GRUPO DE COLABORACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DE CDO (CG)

1. Todos los miembros mantienen un conocimiento actualizado de lo siguiente:
  - a) las organizaciones que participan;
  - b) las funciones y responsabilidades de su propia organización;
  - c) las funciones y responsabilidades de otros participantes; y
  - d) la situación del procedimiento CDO (p. ej., su definición y alcance y cuándo y cómo debe aplicarse).
2. Los planes de implantación de CDO se preparan y diseñan de manera que respondan a las atribuciones del CG.
3. La facilitación de las CDO se diseña de acuerdo con los criterios que se detallan en los PANS-OPS (Doc 8168), Volumen II.
4. Una vez producidos los proyectos de procedimientos, se lleva a cabo una “evaluación provisional de las CDO” que cubra cuestiones de seguridad operacional, capacidad y volumen de trabajo.
5. Si los resultados de la “evaluación provisional de las CDO” son satisfactorios, y luego de una instrucción apropiada de los controladores de aproximaciones y de los pilotos que participan, se implantan los procedimientos provisionales a título de ensayos limitados.
6. Si los resultados de los ensayos fueron satisfactorios, se introduce o amplía el empleo de CDO de acuerdo con un plan desarrollado por las partes interesadas y aprobado por la autoridad competente.
7. Se preparan textos de orientación y actividades de instrucción y promoción a nivel local y en forma apropiada, que se aplican para optimizar el éxito de las CDO. Esto se combina con comentarios e informes regulares acerca de la ejecución de las CDO.
8. Una vez introducidos los procedimientos CDO, se lleva a cabo un examen continuo de su evolución para determinar qué oportunidades existen de mejorar la ejecución de CDO y obtener sugerencias del personal operacional. Se promueve una comunicación abierta entre todos los miembros para que éstos notifiquen los problemas de seguridad operacional.

#### EJEMPLO DE ATRIBUCIONES PARA EL GRUPO DE IMPLANTACIÓN DE CDO (CIG)

9. El CIG se compone de representantes de categoría superior provenientes de explotadores de aeródromo, ANSP, explotadores de aeronaves y autoridades estatales competentes. (Si ya existe un organismo integrado por las partes interesadas necesarias, entonces las funciones que se mencionan a continuación pueden incluirse oficialmente en las atribuciones existentes de dicho organismo).

10. Todos los miembros mantienen un conocimiento actualizado de lo siguiente:
    - a) las organizaciones que participan;
    - b) las funciones y responsabilidades de su propia organización;
    - c) las funciones y responsabilidades de otros participantes; y
    - d) la situación del procedimiento CDO (p. ej., su definición y alcance y cuándo y cómo debe aplicarse).
  11. Se prepara un plan de implantación de CDO de conformidad con las condiciones establecidas por el CG.
  12. Una vez producidos los proyectos de procedimientos, se lleva a cabo una “evaluación provisional que cubra cuestiones de seguridad operacional, capacidad y volumen de trabajo. Se finaliza un análisis de peligros por separado antes de iniciar los ensayos.
  13. Si los resultados de la “evaluación provisional de las CDO” son satisfactorios, y luego de una instrucción apropiada de los controladores de aproximaciones y de los pilotos que participan y que provienen de las líneas aéreas principales o designadas, se implantan los procedimientos provisionales a título de ensayos limitados.
  14. Una vez que haya comenzado el ensayo, se lleva a cabo un examen continuo del avance, a fin de determinar qué oportunidades existen para mejorar la ejecución de CDO, teniendo en cuenta las sugerencias del personal operacional. Se promueve una comunicación abierta entre todos los miembros y se establecen arreglos apropiados para hacer comentarios con objeto de identificar los vuelos en los que se inició una operación CDO, pero para los cuales ésta se interrumpió o modificó durante su ejecución.
  15. Si los resultados de los ensayos fueron satisfactorios, se introduce el empleo de CDO de acuerdo con un plan definido.
  16. Se preparan textos de orientación y actividades de instrucción y promoción a nivel local y en forma apropiada, que se aplican para optimizar el éxito de las CDO. Estos textos se actualizarán, según sea necesario, a partir de los comentarios e informes ulteriores acerca de la ejecución de las CDO.
-

## Apéndice 2

### EJEMPLOS DE FRASEOLOGÍA CDO

*Nota 1.— Las fraseologías y los procedimientos conexos que se describen en este Apéndice son utilizados por lo menos por un Estado como medios de lograr operaciones CDO.*

*Nota 2.— La necesidad de contar con fraseologías claras, concisas y sin ambigüedades en las comunicaciones controlador-piloto se aplica igualmente a las CDO. La OACI está analizando actualmente propuestas para resolver los problemas encontrados en relación con las disposiciones SID/STAR de los PANS-ATM. Se tiene previsto tomar en consideración las CDO en las disposiciones nuevas.*

1. Una autorización para “descender a discreción del piloto” [“descend at pilots discretion”] o “descienda cuando esté listo” [“descend when ready”] no se dará antes de lo necesario sino, idealmente, cuando la aeronave esté lo más cerca posible de alcanzar una distancia, respecto del punto de toma de contacto, a partir de la cual pueda realizar en forma natural (y por lo tanto con una trayectoria mínima) un descenso continuo optimizado. La fraseología “descender a discreción del piloto” o “descienda cuando esté listo” ofrece opciones y, por lo tanto, flexibilidad en la operación.

FRASEOLOGÍA	PHRASEOLOGY
DESCENDER A DISCRECIÓN DEL PILOTO o DESCIENDA CUANDO ESTÉ LISTO	DESCEND AT PILOTS DISCRETION <i>or</i> DESCEND WHEN READY

EJEMPLOS:

“Hay que volar de dos a cinco millas, descender a discreción del piloto”.  
“Cruce BUDDE al nivel 120, luego descienda cuando esté listo”.

EXAMPLES:

“Two-five miles to fly, descend at pilots discretion.”  
“Cross BUDDE at level 120, then descend when ready.”

2. Puede emitirse la autorización “descienda vía” (“descend via”) bajo procedimientos con puntos de cruce de altitud definida y/o con velocidades definidas. La autorización “descienda vía” es una instrucción al piloto para que descienda de manera que se sigan la trayectoria de vuelo lateral, las altitudes y las velocidades publicadas. Puesto que las trayectorias lateral y vertical de vuelo se conocen, una autorización “descienda vía” puede darse mucho antes de llegar al punto de descenso real.

2.1 “Descienda vía” difiere de “descender a discreción del piloto”, puesto que en el primer caso, la navegación vertical y lateral, las altitudes y las velocidades tienen que respetarse, en tanto que, en el segundo caso, no se tienen límites que se encuentren definidos en el procedimiento. Por lo tanto, ATC y los pilotos conocen por anticipado el perfil “descienda vía”, lo que agrega predictibilidad al procedimiento.

Instrucciones “descienda vía” para navegar verticalmente en una STAR con restricciones publicadas.

## FRASEOLOGÍA

“DESCIENDA VÍA” (*designador*)

## EJEMPLOS:

““Descienda vía KODAP1A”.

“Cruce intersección ABC al nivel de vuelo dos-cuatro-cero, luego descienda vía la llegada COAST TWO”.

TERMINAL: ““Descienda vía la llegada RIIVR TWO, después RIIVR, ILS autorizado, pista dos-cinco izquierda”.

## PHRASEOLOGY

DESCEND VIA (*designator*)

## EXAMPLES:

“Descend via KODAP1A.”

“Cross ABC intersection at flight level two four zero, then descend via COAST TWO Arrival.”

TERMINAL: “Descend via the RIIVR TWO Arrival, after RIIVR, cleared ILS runway two five left.”

*Nota 1.— Al mencionarse “descienda vía” se autoriza a los pilotos:*

- a) *a navegar vertical y lateralmente en una STAR; y*
- b) *cuando se da autorización para ir hacia un punto de recorrido ilustrado en un procedimiento de vuelo por instrumentos, a descender “a discreción del piloto” desde una altitud asignada previamente hasta la altitud ilustrada para ese punto de recorrido, y una vez establecido en la llegada ilustrada, a navegar lateral y verticalmente para cumplir todas las restricciones publicadas.*

*Nota 2.— El ATC es responsable del franqueamiento de obstáculos al emitir una autorización “descienda vía” a partir de un nivel previamente asignado.*

*Nota 3.— Los pilotos que navegan siguiendo un procedimiento de aproximación o llegada por instrumentos mantendrán el último nivel asignado hasta recibir la autorización “descienda vía”.*

*Nota 4.— Los pilotos autorizados a navegar verticalmente usando la fraseología “descienda vía” informarán al ATC al establecer el contacto inicial.*

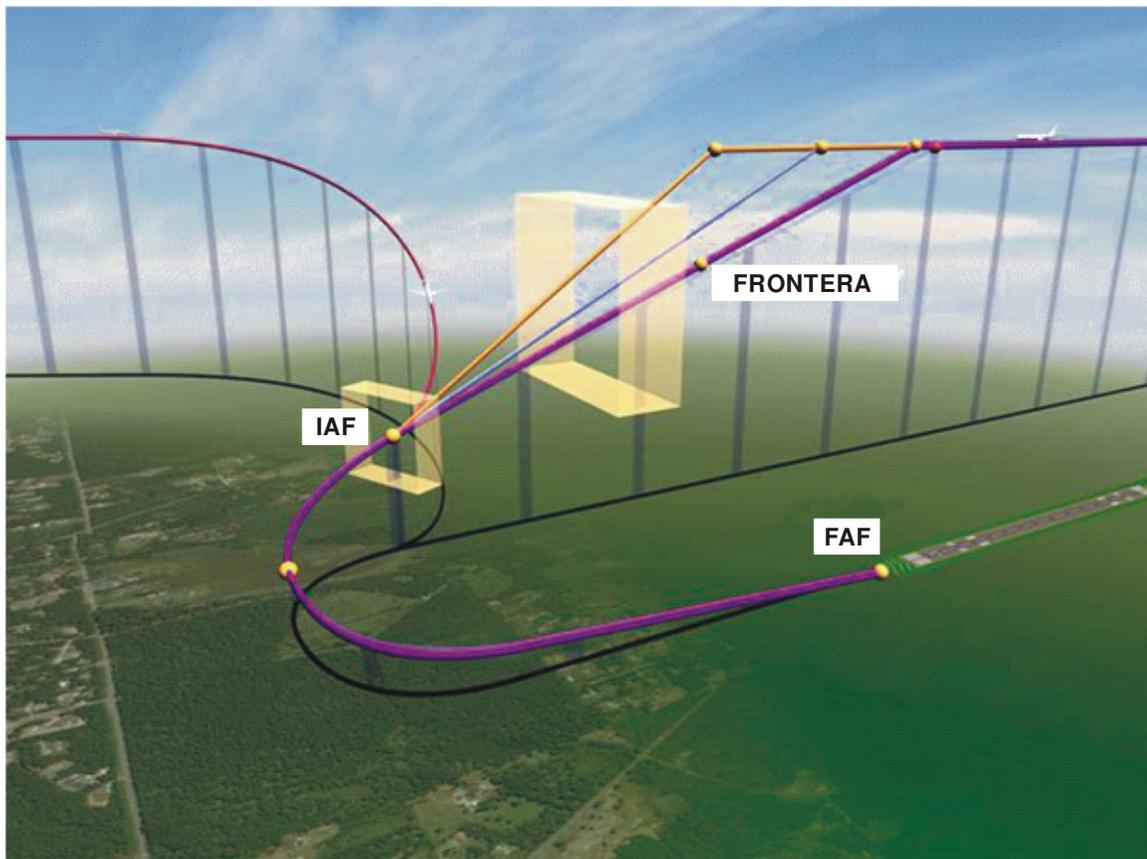
EJEMPLO: “Delta uno-dos-uno deja FL 240, descendiendo vía la llegada KODAP2”.

EXAMPLE: “Delta One Two One leaving FL 240, descending via the KODAP2 arrival.”

## Adjunto A

### LLEGADAS ADAPTADAS

1. En algunos Estados, se están sometiendo a ensayos las llegadas adaptadas (TA). En este adjunto figura un ejemplo de una CDO que puede ser ventajosa usando comunicaciones por enlace de datos.
2. Se estima que las llegadas adaptadas constituyen una aplicación automatizada de “alto nivel” que encierra todos los beneficios de las CDO descritos en el apartado 1.1 del Capítulo 1, Descripción de las operaciones de descenso continuo.
3. La TA ideal es una trayectoria que permite a la aeronave respetar el tiempo exigido en el punto de referencia de entrada (de existir) y, al mismo tiempo, realizar un descenso en marcha lenta a lo largo de la trayectoria lateral óptima. Sin embargo, el deseo de economizar en las operaciones y reducir el impacto ambiental debe conciliarse con la viabilidad que emana de varios factores. Debe garantizarse la seguridad operacional y para eso hay que evitar las condiciones meteorológicas severas, el terreno y otro tránsito y ajustarse a la disponibilidad variable del espacio aéreo. Asimismo, debe mantenerse la capacidad aeroportuaria y de las pistas por medio de una secuenciación precisa y predecible y mediante la coordinación de los flujos de llegadas y salidas.
4. El sistema terrestre calcula la autorización de TA para ofrecer al controlador un medio de hacer que la aeronave llegue en el tiempo requerido a un punto de referencia a favor del viento, satisfaciendo, simultáneamente, todas las otras necesidades de ATC. La trayectoria lateral autorizada y otras restricciones se comunican a cada vuelo por medio de enlace de datos antes del TOD, como parte de la autorización de llegadas para uso de la computadora de gestión de vuelo (FMC) en el cálculo de la trayectoria de descenso. También se proporciona información meteorológica actualizada para mejorar la eficiencia de la trayectoria de vuelo y permitir mayor precisión en el cálculo de la trayectoria y en predecir la sincronización. La autorización puede incluir restricciones de velocidad y altitud y ajustes en la longitud lateral a fin de mejorar el poder de control para secuenciar y coordinar.
5. La llegada que resulta se adapta para ofrecer la trayectoria de vuelo más eficiente en las condiciones que prevalecen y, casi siempre, será más eficiente que la lograda con las tradicionales técnicas de guía vectorial táctica.
6. En la Figura ADJ A-1 se ilustra el concepto TA, aplicando control de la velocidad para ajustar el perfil de sincronización y descenso de la aeronave que llega desde la derecha.
7. El concepto de TA completo permite compensar la ineficiencia de las operaciones actuales por medio del uso combinado de las capacidades de automatización terrestres y a bordo de las aeronaves. Basándose en el tránsito y las condiciones meteorológicas que pueden encontrarse durante el descenso, el ATC calcula una autorización de descenso completo desde el TOD hasta el aterrizaje, la coordina a lo largo de todos los sectores, desde la fase crucero hasta el aterrizaje, y la enlaza en forma ascendente mediante comunicaciones por enlace de datos controlador-piloto antes del TOD de la aeronave. La autorización incluye cualquier requisito de velocidad y altitud y cualquier ajuste de trayectoria que se requieran para adaptar la llegada, así como una aproximación publicada para el tramo final. Basándose en la autorización, el FMS/FMC calcula un perfil de descenso óptimo. La clave está en finalizar el envío de la autorización al puesto de pilotaje antes de que se inicie el descenso, ya que esto permite que la automatización del avión lleve a cabo sus cálculos, proporcionando mayor predictibilidad para el ATC, ahorros de combustible para las líneas aéreas y reducciones de ruido y emisiones para las comunidades circundantes.



**Figura ADJ A-1. El concepto de llegadas adaptadas (TA)**

8. Para la implantación del concepto TA es imprescindible disponer de ciertos elementos habilitantes esenciales, la mayoría de los cuales ya están maduros para incorporarse en las aeronaves de nueva producción e implantarse en los sistemas ATC actuales. Sin embargo, dos elementos habilitantes importantes para llevar a cabo la implantación completa siguen en fase de desarrollo. Éstos son:

- a) la capacidad de ATC para coordinar las autorizaciones que abarcan la trayectoria de descenso completa de una aeronave, a través de los múltiples centros y sectores ATC; y
- b) las herramientas terrestres de apoyo en la toma de decisiones capaces de ofrecer soluciones de descenso que redunden en ahorros de combustible en la presencia de restricciones complejas de tránsito y espacio aéreo.

8.1 En la Figura ADJ A-2 se ilustran los componentes principales del sistema que se requieren para las TA y se destacan los dos elementos habilitantes en cuestión.

8.2 Estos dos elementos habilitantes importantes han motivado la definición de dos variantes de TA:

Las *llegadas adaptadas iniciales*, que carecen de los dos elementos habilitantes, poseen las características principales siguientes:



**Figura ADJ A-2. Llegadas adaptadas — Elementos habilitantes**

- a) incluyen nuevas técnicas de coordinación entre centros para dar apoyo en coordinar y emitir una autorización desde el TOD hasta la pista; sin embargo, esto no incorpora nuevos recursos de apoyo en tierra para la toma de decisiones; y
- b) su beneficio es reducido; por la falta de automatización terrestre, una proporción menor de vuelos puede finalizar una TA completa hasta la pista, lo que redundan en menores beneficios que en el caso de las TA con apoyo automatizado.

Las *llegadas adaptadas con apoyo automatizado* poseen las características principales que siguen:

- a) un elemento habilitante secundario: nuevas técnicas de coordinación entre centros y acuerdos para dar apoyo en coordinar y emitir una autorización desde el TOD hasta la pista. Además, se dispone de nuevas herramientas de apoyo en tierra para la toma de decisiones que permiten emitir autorizaciones para realizar un descenso desde el TOD hasta la pista con ahorro de combustible; y
- b) su beneficio es alto; gracias a la disponibilidad de automatización terrestre, una alta proporción de las TA llega a finalizarse hasta la pista.

9. En la Figura ADJ A-3 se ilustran las funciones que ofrece la automatización como recurso para tomar decisiones al realizar TA.

# Automatización de las llegadas adaptadas

- Ajustar la velocidad y la ruta permite combinar mejor las afluencias de tránsito y prolongar la llegada entre el tramo a favor del viento y la pista, incluso durante períodos de mayor actividad.
- Un uso óptimo de la aviónica de a bordo ofrece máxima eficiencia de vuelo en beneficio de las líneas aéreas y el medio ambiente y aumenta la predictibilidad en la prestación de servicios ATS.

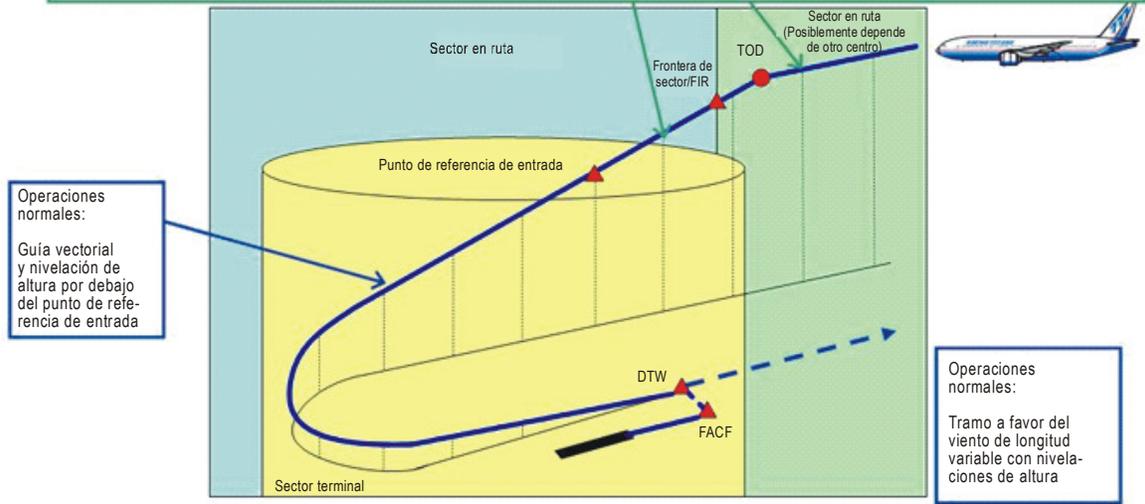


Figura ADJ A-3. Llegadas adaptadas — Variantes

## Adjunto B

# DIFERENCIAS ENTRE SISTEMAS DE GESTIÓN DE VUELO (FMS) Y SUS EFECTOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE LA TRIPULACIÓN DE VUELO

1. Las diferencias en cuanto al funcionamiento y la eficacia de los distintos sistemas de gestión de vuelo (FMS) de los aviones actuales son bien conocidas, pero no necesariamente se han comprendido, documentado o adaptado bien a la metodología de diseño del espacio aéreo. Por lo tanto, las tripulaciones de vuelo se ven obligadas a recurrir a una gran variedad de procedimientos y métodos para asegurarse de que la guía lateral y vertical del FMS se ajuste a los procedimientos publicados.
2. En lo que se refiere al funcionamiento, los FMS más sofisticados se encuentran bien integrados en el "sistema de sistemas" de los aviones y ofrecen guía lateral y vertical de precisión según el plan de vuelo. Además, dichos FMS contienen bases de datos sobre las performances de los aviones, que son específicas del modelo respectivo. Estos FMS, cuando se acoplan al sistema de control de vuelo de los aviones, ofrecen a la tripulación precisión en la gestión de la trayectoria para aligerar su carga de trabajo y permitirle que supervise en lugar de que esté al mando constantemente. Otros FMS menos eficaces o menos integrados, cuya capacidad varía, exigen que la tripulación de vuelo participe más activamente en la gestión de las trayectorias. Por ejemplo, con algunos FMS la tripulación tiene que estar al mando del avión para iniciar el descenso. Otros modelos de FMS no pueden acoplarse al sistema de control de vuelo del avión y requieren que la tripulación controle la trayectoria de otras formas. Incluso, otros FMS carecen por completo de capacidad de navegación vertical y la tripulación se encarga de realizar el descenso y cumplir las restricciones valiéndose de "pericia aérea básica". Aunque el problema de las diferencias en equipo se está resolviendo poco a poco a medida que se retiran los aviones más viejos, es seguro que gran parte de éstos seguirá siendo explotada durante muchos años más.
3. Independientemente de la capacidad o del grado de integración de los FMS, evidentemente sigue siendo necesario que la tripulación de vuelo se asegure de que el avión respete la trayectoria del plan de vuelo publicado. Las investigaciones realizadas por el sector aeronáutico han revelado que la frecuencia de los errores que comete la tripulación de vuelo guarda relación con la complejidad y variabilidad de los sistemas de automatización del puesto de pilotaje. Otra causa principal de error, para la tripulación de vuelo, es la complejidad del espacio aéreo. Al hacerse más denso el espacio aéreo, los diseñadores de procedimientos se han visto en la necesidad de emplear diversas técnicas de diseño que les permitan ajustarse a las restricciones ambientales y a las impuestas por el tránsito y el terreno. Esto ha aumentado la complejidad a la que la tripulación de vuelo se enfrenta sirviéndose de los instrumentos de a bordo de que dispone. Desgraciadamente, con algunos de esos procedimientos se ha "preparado el terreno", sin saberlo, para que se cometan errores humanos a causa de las complicadas operaciones FMS. Por tal motivo, se están llevando a cabo debates y actividades de grupos de trabajo en el seno de la industria aeronáutica para analizar cuestiones relativas al diseño de procedimientos y cómo en dicho diseño deberían tenerse en cuenta las capacidades de los FMS. En virtud de la futura introducción de los sistemas NextGen y SESAR y de recursos como las CDO y las TA, los diseñadores del espacio aéreo y de los procedimientos del futuro deberían tener cuidado en asegurarse de que en sus diseños se tomen en consideración los requisitos de espacio aéreo, la capacidad de los FMS y el volumen de trabajo resultante para la tripulación de vuelo. Adoptar un enfoque de colaboración mutua sería de mucho provecho para los diseñadores.

— FIN —





ISBN 978-92-9231-863-5



9

7 8 9 2 9 2 3 1 8 6 3 5 4