



| ICAO

CAPACITY & EFFICIENCY

Primer Taller sobre el uso de la PBN en el diseño del espacio aéreo en la Región SAM

Bogotá, Colombia

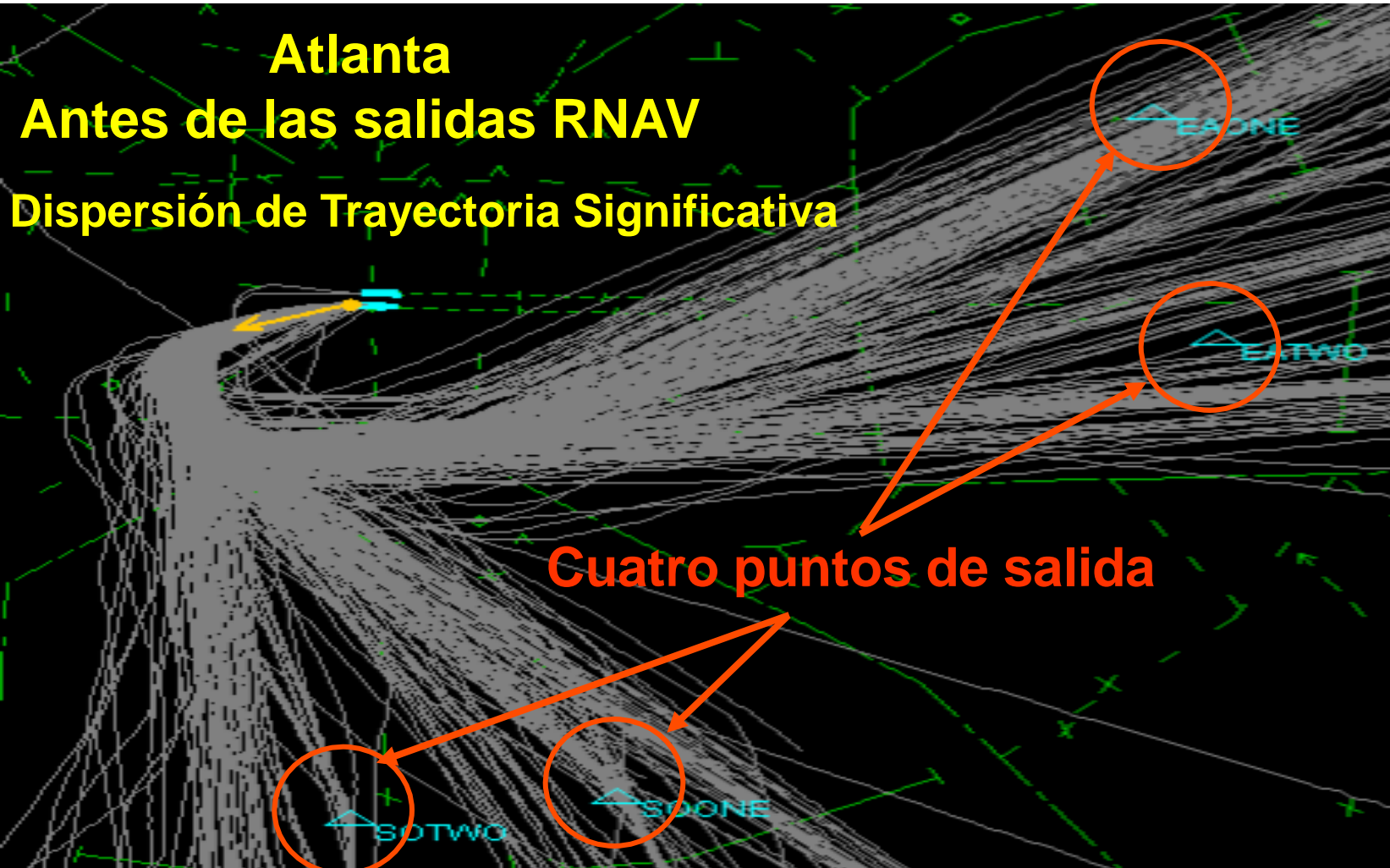
12-23 Mayo 2014

Julio Pereira – Oficial Regional ATM/SAR SAM

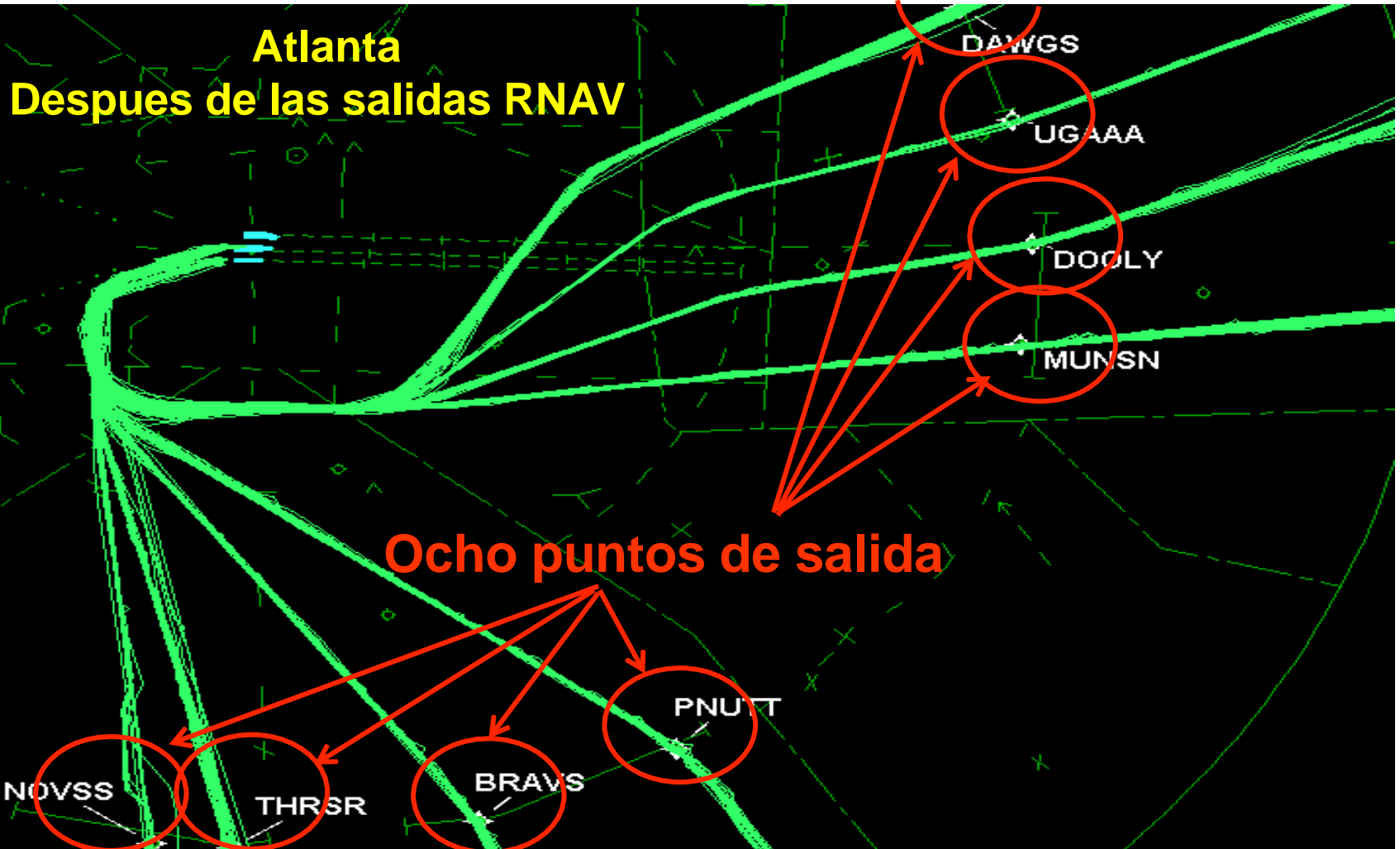


Diseñando Rutas - Espaciamiento entre rutas

Diseñando Rutas

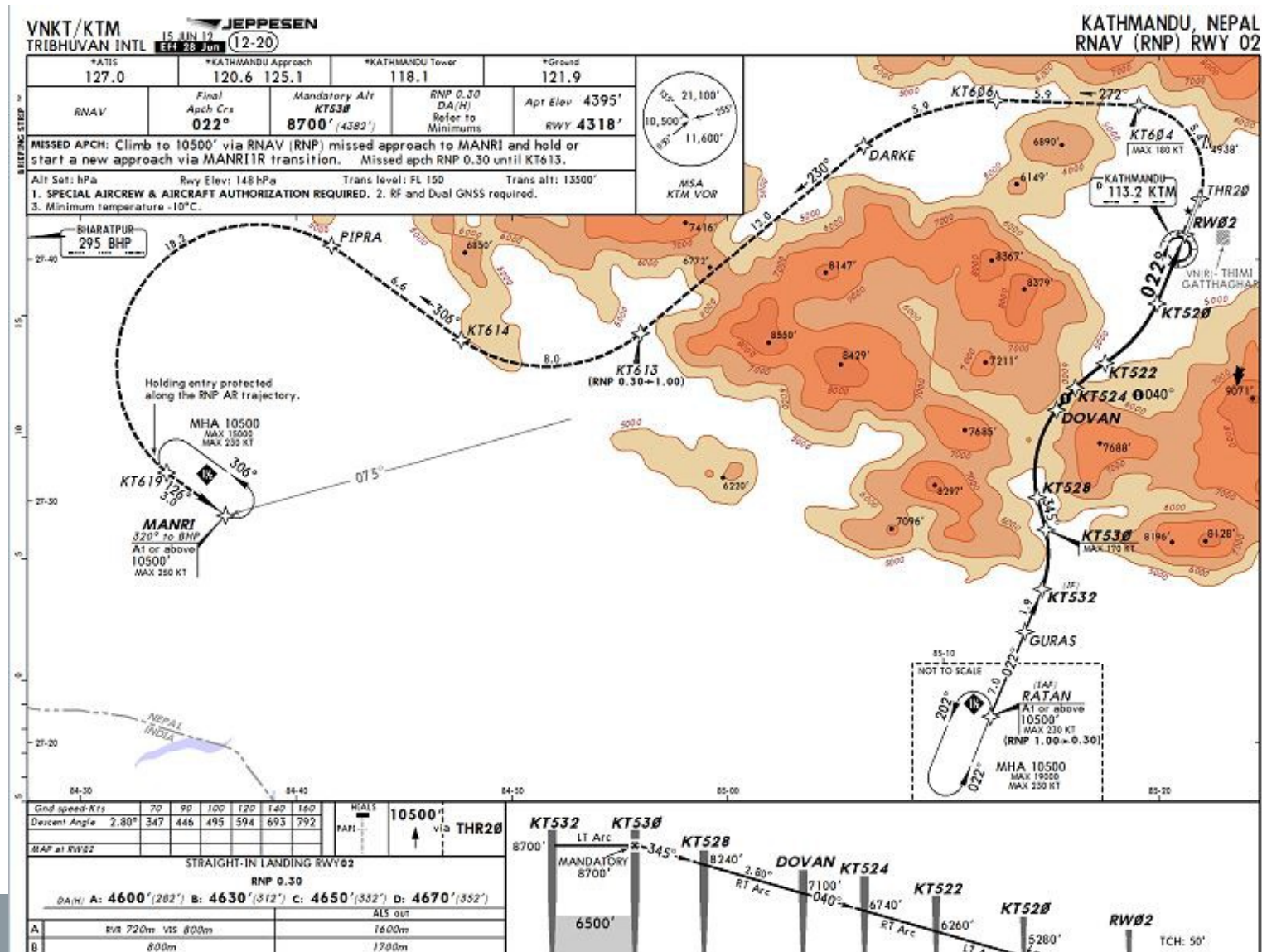


Diseñando Rutas

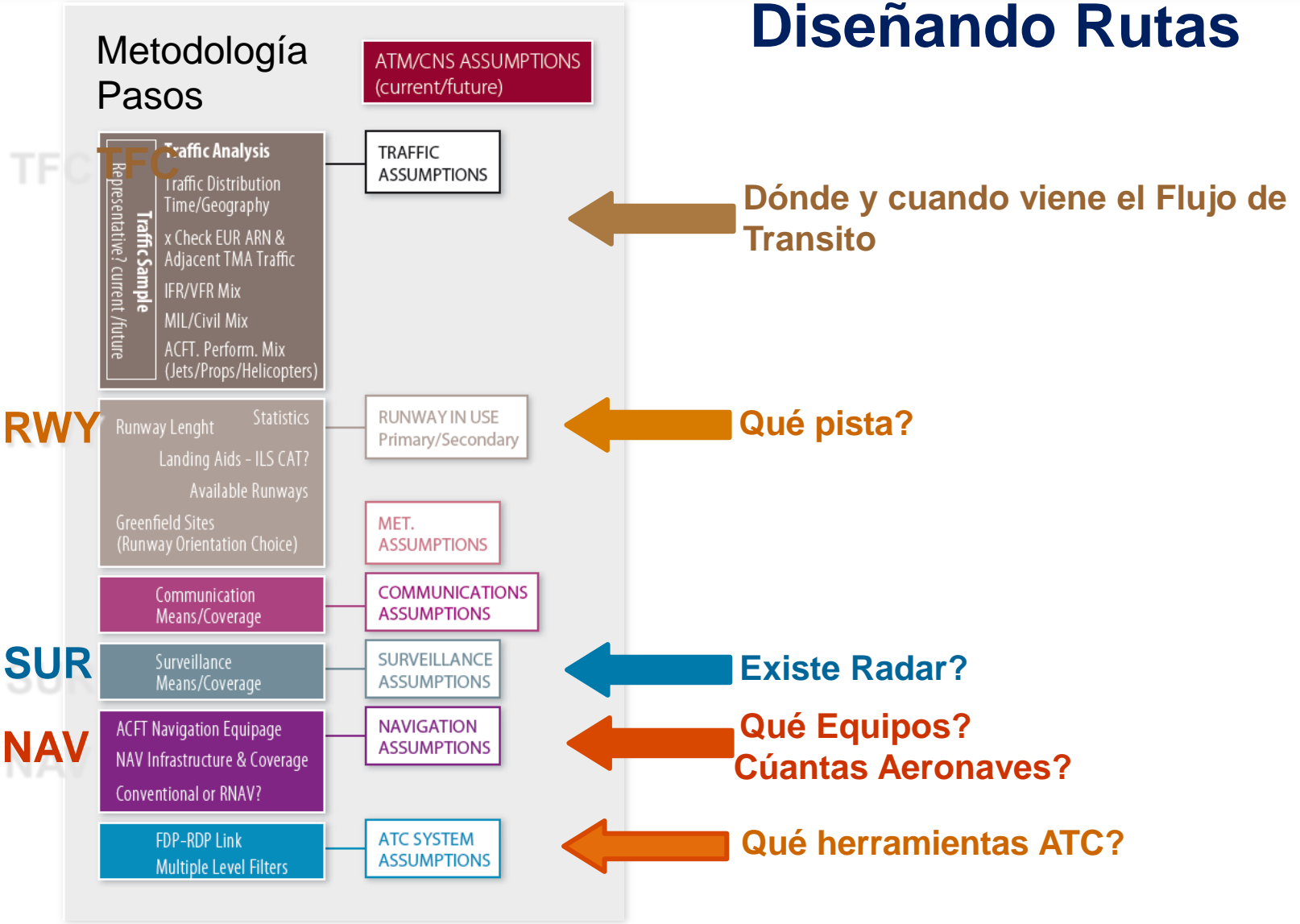




Diseñando Rutas



Presente / Futuro



Diseñando Rutas

Methodology STEPS

Traffic Analysis
 Traffic Distribution
 Time/Geography
 x Check EUR ARN & Adjacent TMA Traffic
 IFR/VFR Mix
 MIL/Civil Mix
 ACFT. Perform. Mix (Jets/Props/Helicopters)

ATM/CNS ASSUMPTIONS (current/future)

TRAFFIC ASSUMPTIONS

Runway Length Statistics
 Landing Aids - ILS CAT?
 Available Runways
 Greenfield Sites (Runway Orientation Choice)

RUNWAY IN USE Primary/Secondary

MET. ASSUMPTIONS

Communication Means/Coverage

COMMUNICATIONS ASSUMPTIONS

Surveillance Means/Coverage

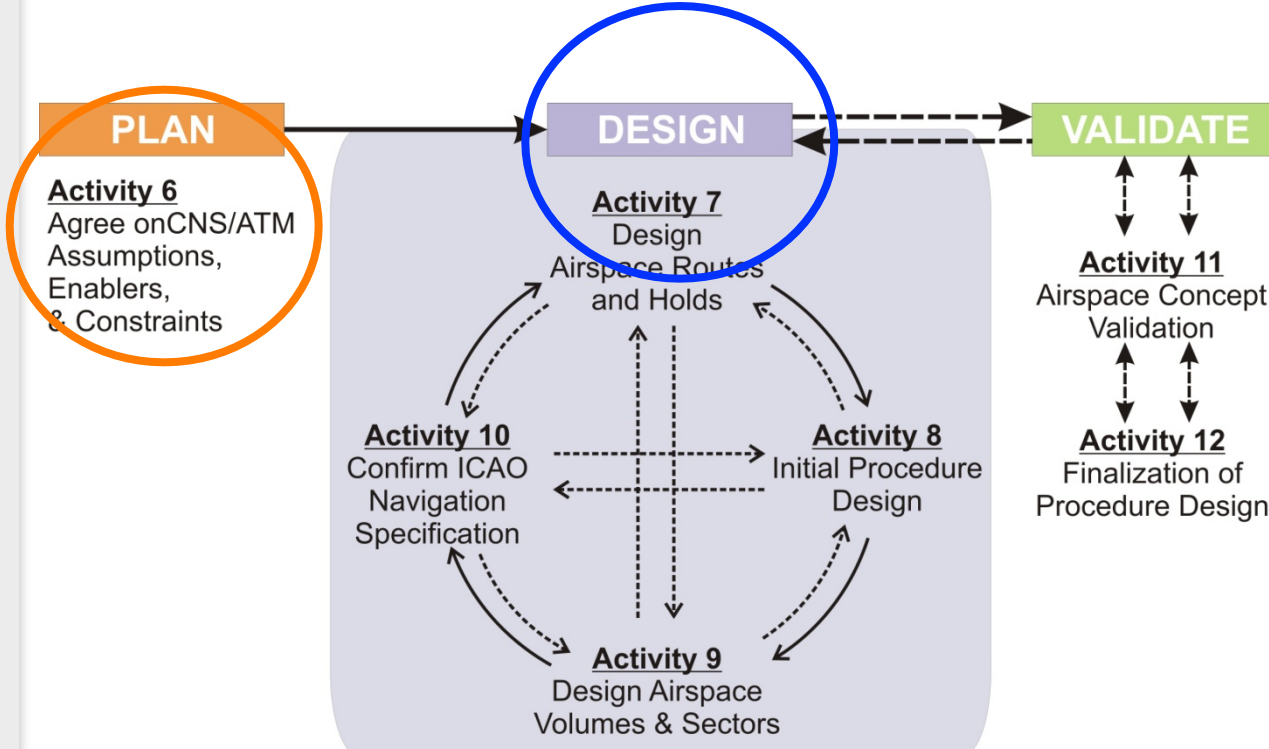
SURVEILLANCE ASSUMPTIONS

ACFT Navigation Equipage
 NAV Infrastructure & Coverage
 Conventional or RNAV?

NAVIGATION ASSUMPTIONS

FDP-RDP Link
 Multiple Level Filters

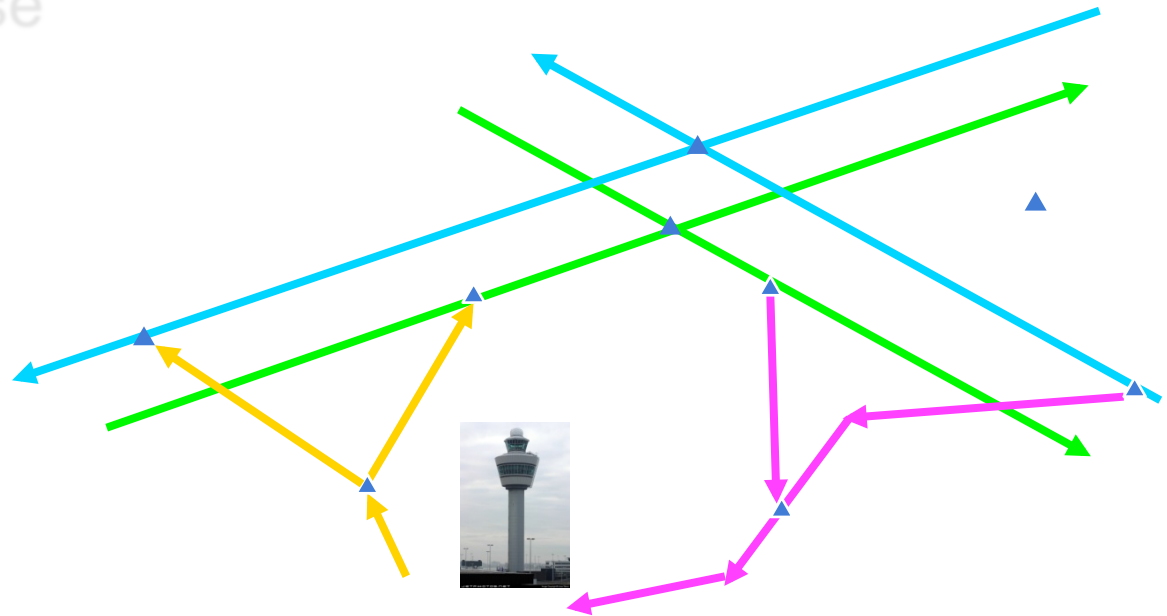
ATC SYSTEM ASSUMPTIONS



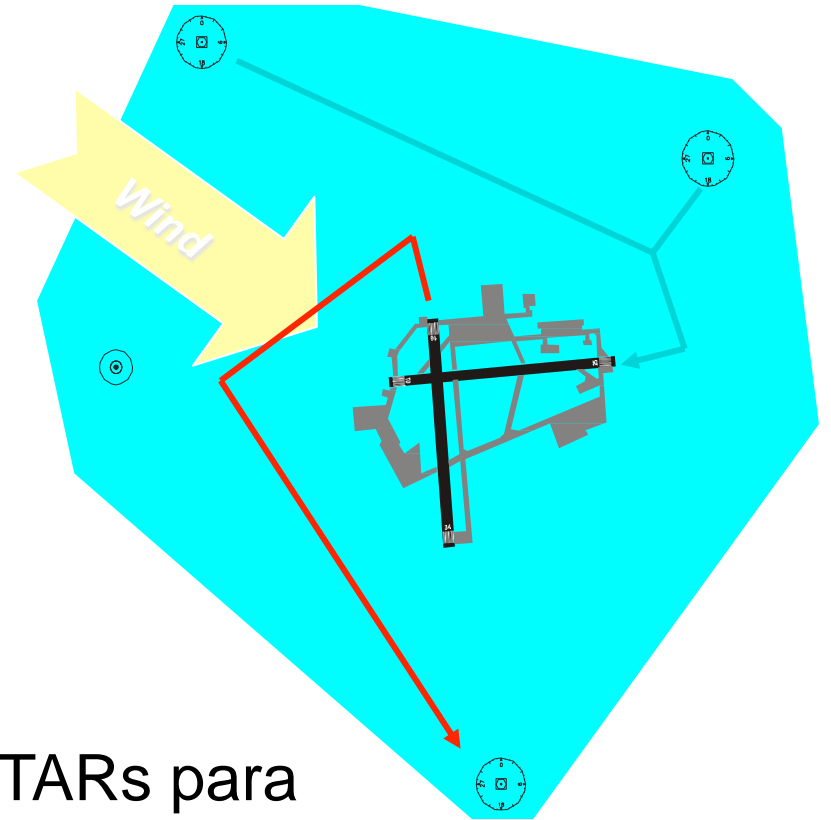
Diseñando Rutas

Rutas en Áreas Terminales unen ...

- ✈ Demandas cambiantes
- ✈ Pistas en uso
- ✈ Rutas ATS



Diseñando Rutas



- ✈ Conjuntos diferentes de SIDs y STARs para diferentes pistas en uso



Diseñando Rutas

Qué especificación de navegación es necesaria?

✈ Qué fase de vuelo?

✈ **Varios requerimientos establecidos en el Concepto de Espacio Aéreo**

- Vertical

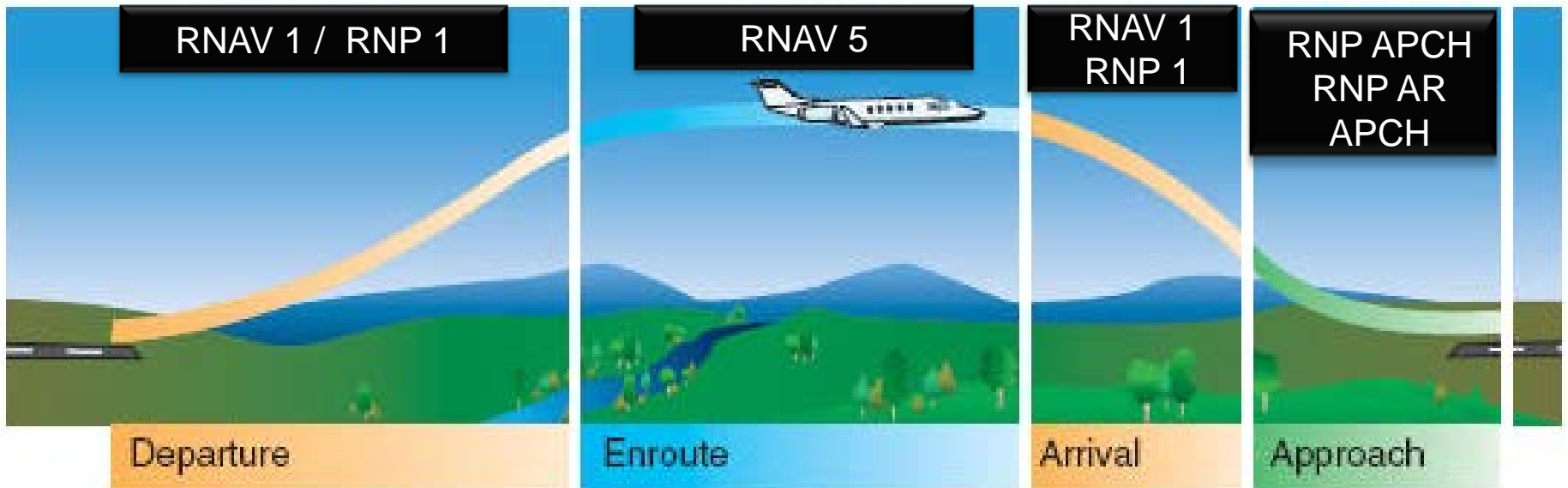
- Lateral

- Longitudinal

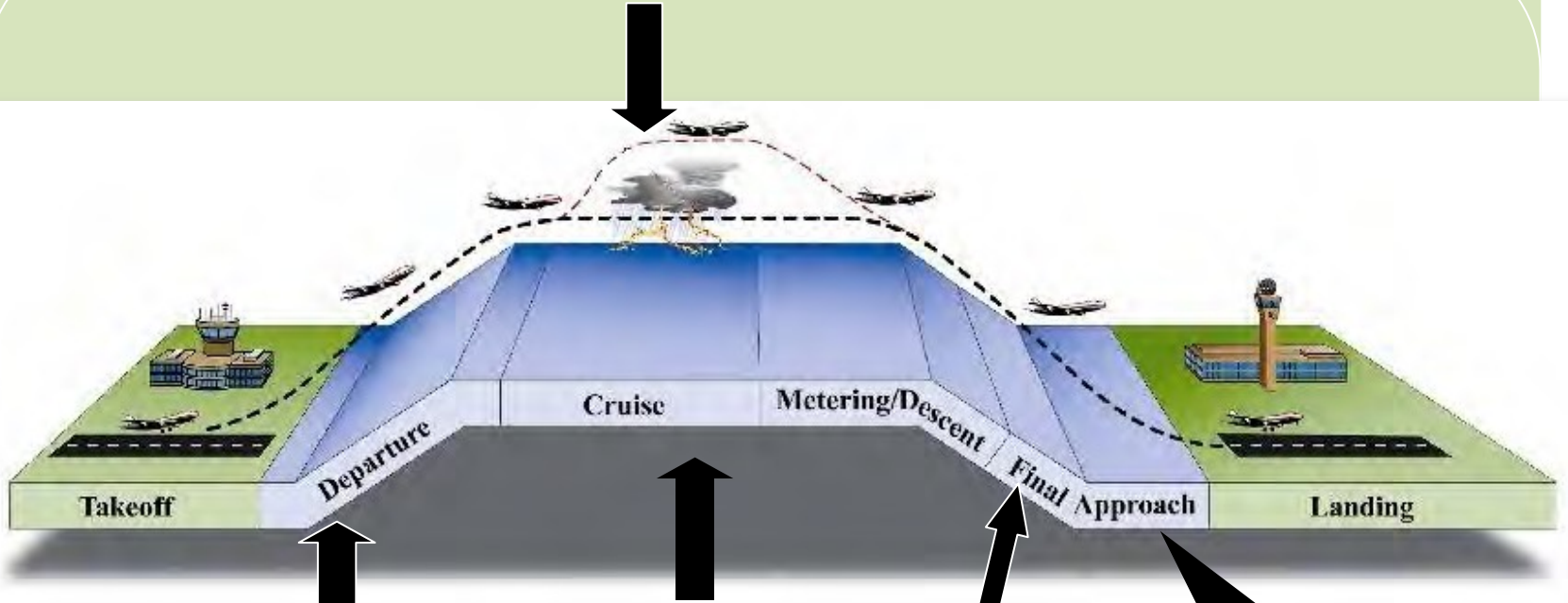
✈ **Es necesario monitoreo y alerta de performance a bordo?**

Diseñando Rutas

Escenario Actual



**OCEANICO / En Ruta Remoto (no-SUR)
RNAV 10, RNP 4, RNP 2, RNP 2 Avanzada**



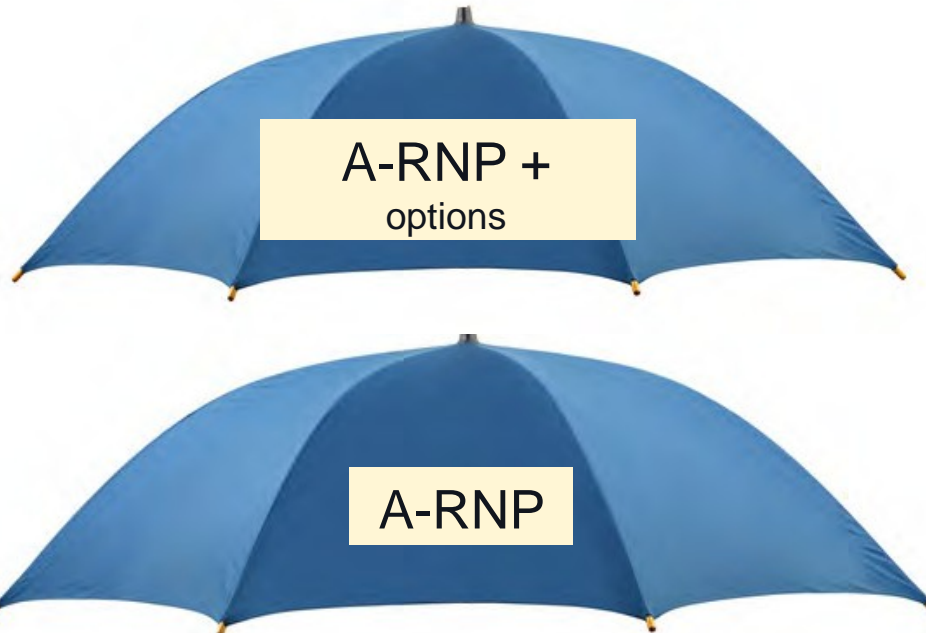
**RNAV 1/2 &
RNP 1 SIDs
ARNP 1
SIDs**

**Enroute Continental
RNAV 5/2/1 RNP 2
RNP Avanzada 2 or 1**

**RNAV 1/2 &
RNP 1 STARs
ARNP 1
STARs**

**RNP APCH
RNP-AR APCH**

RNP Avanzada



- Optional Performance/ Functionality
- RNP Scalability
- RNP 2 oceanic/remote
- Fixed Radius Transition (FRT)
- Time of Arrival Control
- Barometric VNAV

RF legs
Parallel offset
RNAV holding

Continental enroute: RNP 2,1
Final approach: RNP 0.3

RNAV 1

RNAV 5

RNP APCH

RNAV 10

RNAV 2

RNP 1

RNP 4



Recordando.....

- ✈ Especificaciones de Navegación no incluyen todos los requisitos del espacio aéreo (COM, SUR, ATM) necesarios para una operación en un espacio aéreo, ruta o procedimiento en particular
- Los procedimientos aplicables deben ser insertados en AIP y/o Procedimientos Suplementares Regionales y/u otros documentos del Estado
- Estados deben realizar una evaluación de seguridad de acuerdo con lo previsto en el Anexo 11 y PANS--ATM, Capítulo 2
- ✈ Manual PBN no es un documento de Certificación/Aprobación. Su finalidad es armonización. Cada Estado debe publicar su propio documento.
- Región SAM cuenta con las Circulares de Asesoramiento del Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional

Qué Especificación de Navegación?

- ✈ Aproximación/TMA/Ruta/Oceánico?
- ✈ RNAV o RNP
- ✈ Factores que influyen
 - Espacio aéreo disponible
 - Infraestructura de Navegación disponible
 - Aeronaves
 - Requisitos del espacio aéreo

Qué tipos de aeronaves?

Jets Regionales



**Visitantes Ocasionales
más viejos**



**Pesados y lentos
Transoceánicos**



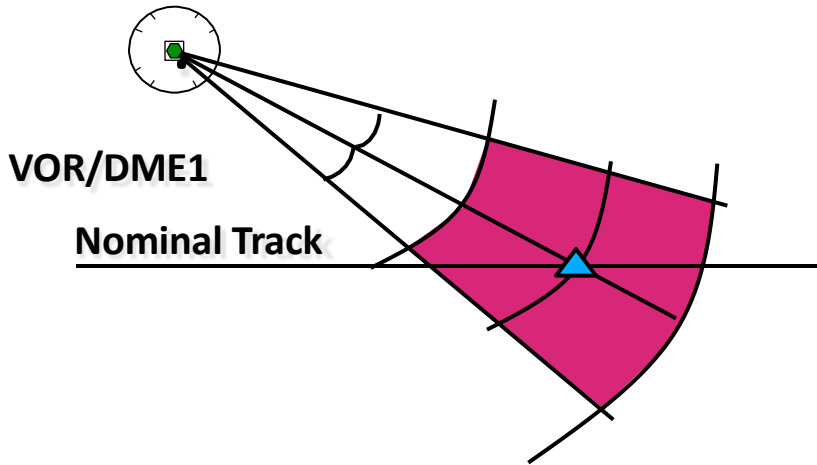


Cobertura de NAVAID

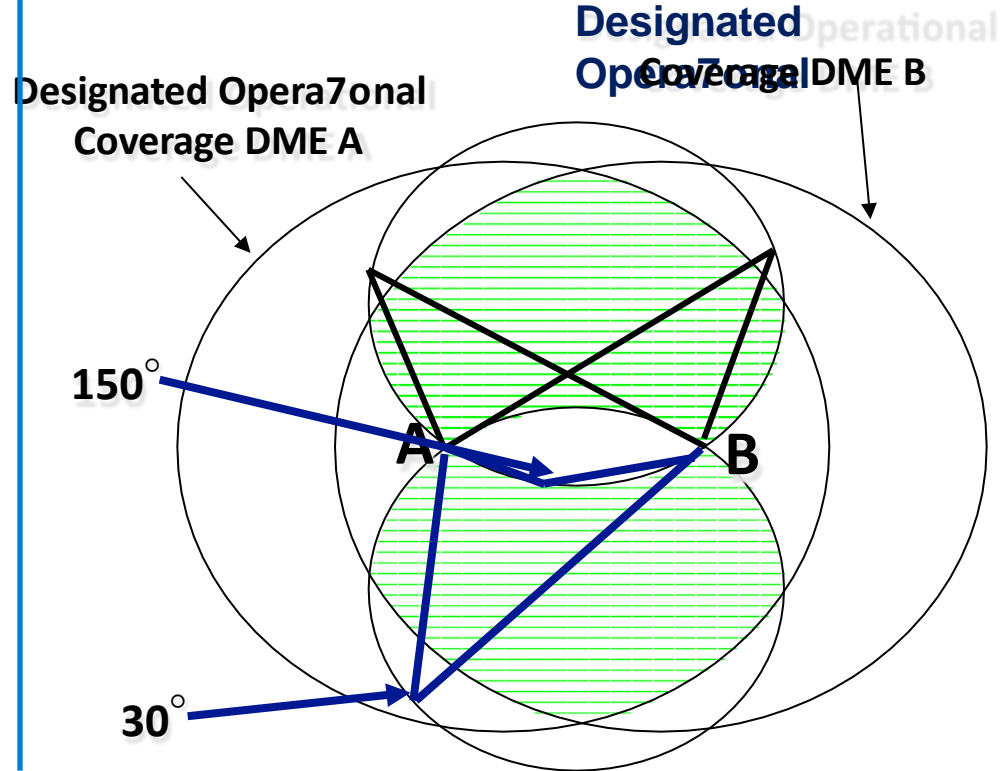
- ✈ Distribución Geográfica de Ayudas a la Navegación
- ✈ Precisión
- ✈ Continuidad de Servicio
- ✈ Disponibilidad
- ✈ Respaldo

Cobertura de NAVAID

VOR/DME

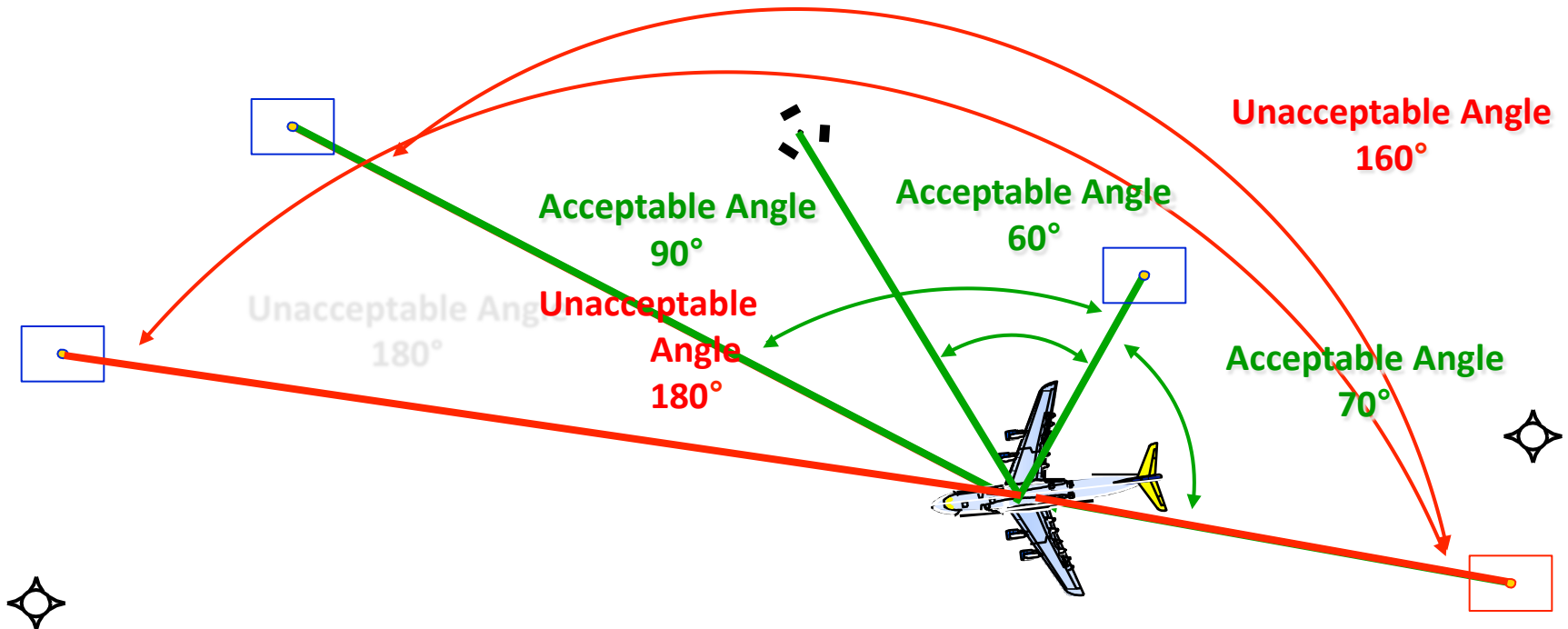


DME/DME

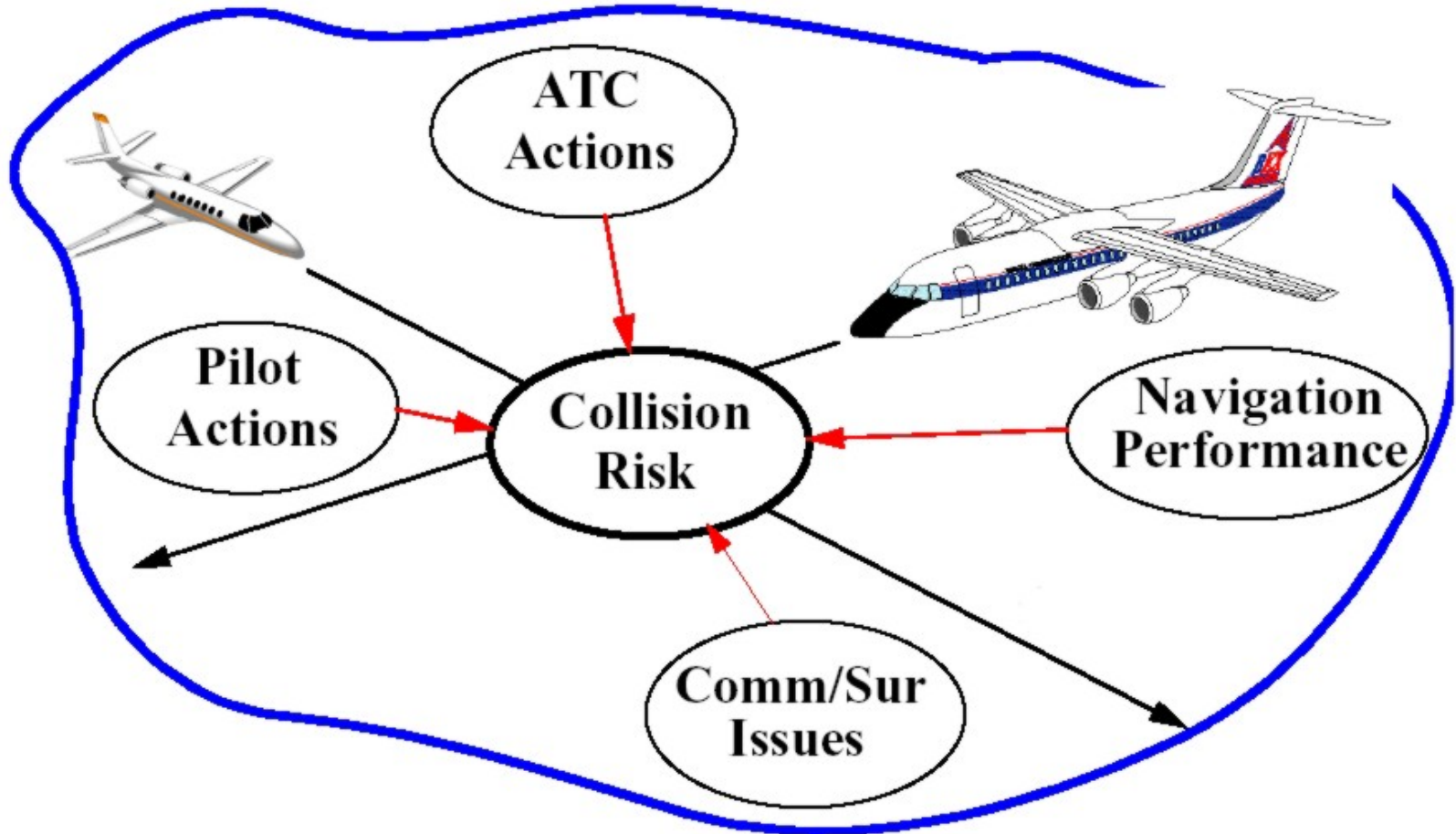


Cobertura de NAVAID

- ✈ Para sistema DME/DME utilizando pares de estaciones DME, la solución geométrica requiere dos DME con ángulos $\geq 30^\circ$ y $\leq 150^\circ$

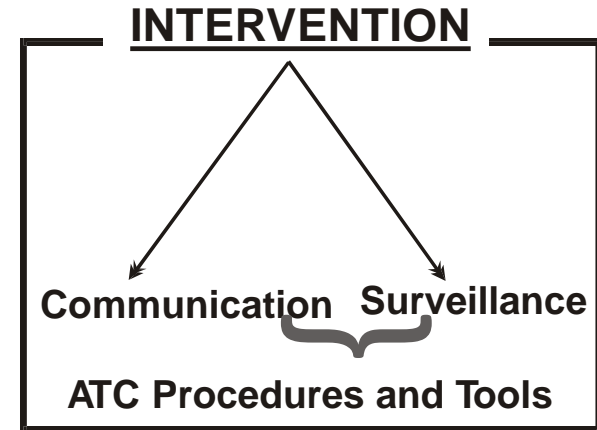
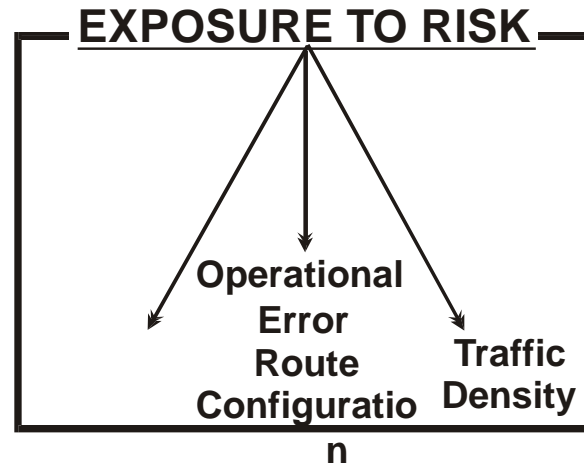
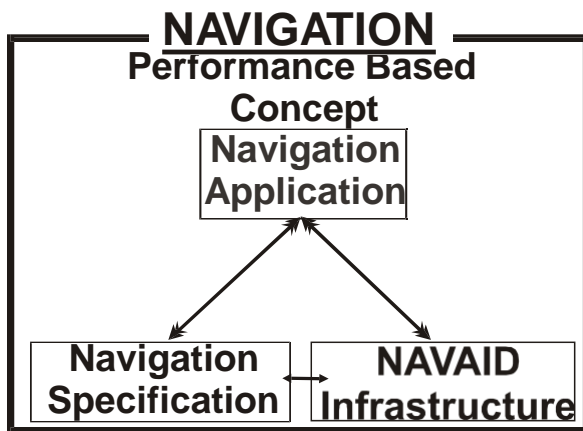


Espaciamiento entre Rutas (Route Spacing)

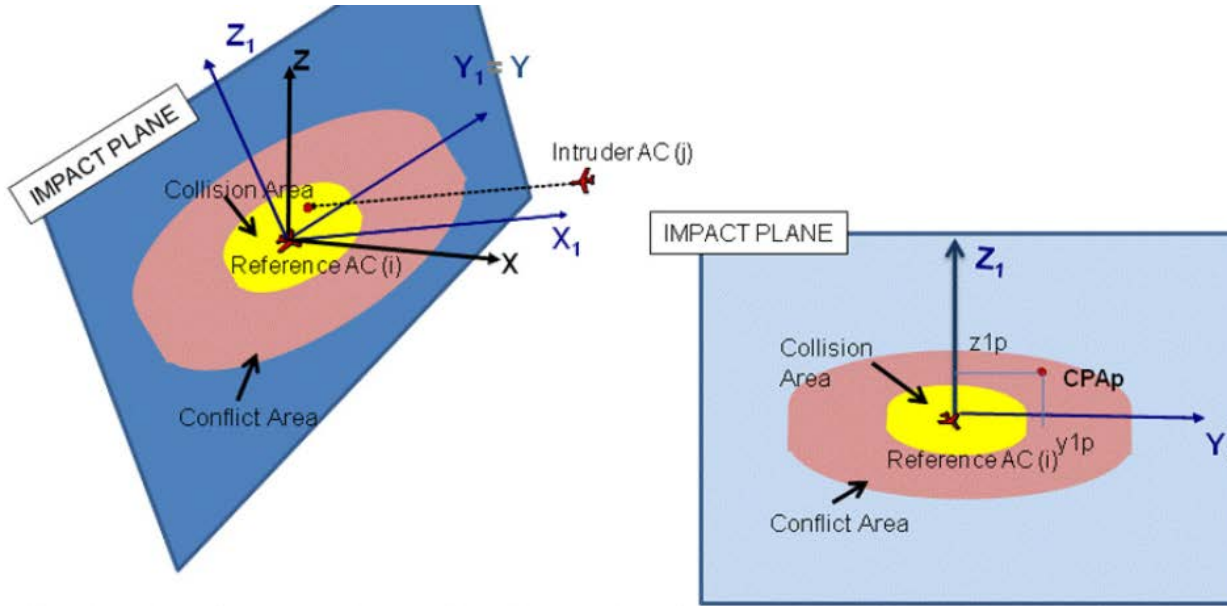


Espaciamiento entre Rutas (Route Spacing)

Modelo genérico para determinar separación y espaciamiento entre rutas



Espaciamiento entre Rutas (Route Spacing)



$$\begin{aligned}
 E[P_a] &= \frac{1}{N} \sum_{ji} P_a(y_{ji}, z_{ji}, r_{ji}) = \frac{\lambda_{xy} \lambda_z}{N} \sum_{ji} \left[1 + \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\lambda_{xy}}{\lambda_z} \cdot r_{ji} \right] f_{2y}(y_{ji}) \cdot f_{2z}(z_{ji}) = \\
 &= \frac{\lambda_{xy} \lambda_z}{N} \sum_{ji} \left[1 + \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\lambda_{xy}}{\lambda_z} \cdot r_{ji} \right] f_{2y}(y_{ji}) \cdot f_{2z_{ji}}(z_{ji}) =
 \end{aligned}$$



Espaciamiento entre Rutas – Ejemplo

Espacio Aéreo Ruta Continental

- Espaciamiento en ruta de 16.5 NM para trayectoria rectas unidireccionales con Vigilancia ATS, y
- Espaciamiento en ruta de 18 NM para trayectoria rectas bidireccionales con Vigilancia ATS
- Estudios realizados para el Espacio Aéreo Continental Europeo, por medio de comparación con un sistema de referencia (Espaciamiento VOR)

Requerimientos Mínimos ATS:

- **NAV — Todas las aeronaves necesitan tener una aprobación RNAV 5 válida para las rutas o trayectorias a ser voladas y la infraestructura NAVAID suficiente para soportar operaciones**
- **COM — Comunicaciones VHF directa entre controlador y piloto**
- **SUR — con Vigilancia ATS**



Notas importantes

- 1. Para aplicación general al Espacio Aéreo Europeo, el espaciamiento de 16.5 NM para rutas unidireccionales, y 18NM para rutas bidireccionales fue demostrado una tasa de intervención aceptable.*
- 2. El espaciamiento en rutas puede ser reducido hasta 10 NM, desde que se compruebe una tasa de intervencion aceptable.*
- 3. Caso no exista Vigilancia ATS, el espaciamiento entre rutas debe ser incrementado hasta 30 NM, en espacio aéreo de alta densidad de transito aéreo.*



Espaciamiento entre Rutas – Ejemplo

Espacio Aéreo Ruta Continental

- Espaciamiento de 8/9 NM para trayectorias rectas en espacio aéreo continental de alta densidad de tránsito aéreo con vigilancia ATS, realizado por medio de un análisis de riesgo de colisión realizado por la FAA

Requerimientos Mínimos ATS:

- **NAV** — **Todas las aeronaves necesitan tener una aprobación RNAV 2 válida para las rutas o trayectorias a ser voladas y la infraestructura NAVAID suficiente para soportar operaciones RNAV 2.**
- **COM** — **Comunicaciones VHF directa entre controlador y piloto**
- **SUR** — **con Vigilancia ATS**



Espaciamiento entre Rutas – Ejemplo

Espacio Aéreo TMA

- Espaciamiento de 8 NM para trayectorias rectas en áreas terminales de alta densidad de tránsito aéreo con vigilancia ATS, realizado por medio de un análisis de riesgo de colisión realizado por EUROCONTROL.

Requerimientos Mínimos ATS:

- NAV — Todas las aeronaves necesitan tener una aprobación RNAV 1 válida para las rutas o trayectorias a ser voladas y la infraestructura NAVAID suficiente para soportar operaciones RNAV 1.
- COM — Comunicaciones VHF directa entre controlador y piloto
- SUR — con Vigilancia ATS



Espaciamiento entre Rutas

Doc. 4444

Capítulo 5

MÉTODOS Y MÍNIMAS DE SEPARACIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

Nota 1.— El Capítulo 5, a excepción de lo indicado a continuación, comprende **procedimientos y mínimas de separación por procedimientos** para ser aplicados en la separación de aeronaves durante la fase en ruta así como de aeronaves en las fases de vuelo de llegada y de salida.

Separación basada en los procedimientos. Separación utilizada al proporcionar control por procedimientos.

Separación radar. Separación utilizada cuando la información de posición de la aeronave se obtiene de fuentes radar.



Espaciamiento entre Rutas

Doc. 4444

5.4.1.2.1.4.1 Existirá una separación lateral entre las aeronaves que salen y/o llegan, utilizando procedimientos de vuelo por instrumentos:

a) cuando la distancia entre las derrotas **RNAV 1, RNP 1 básica, RNP APCH y/o RNP AR APCH** no sea inferior a:

a) 13 km (7 NM); o

b) cuando las áreas protegidas de las derrotas diseñadas usando criterios de franqueamiento de obstáculos no se superpongan y siempre y cuando se tenga en cuenta el error operacional.



Espaciamiento entre Rutas

Doc. 4444

Nota 1.— El valor de 13 km (7 NM) se determinó mediante un análisis de riesgos de colisión usando múltiples especificaciones de navegación. La Circular 324, Directrices sobre separación lateral de aeronaves que salen y llegan siguiendo procedimientos adyacentes de vuelo por instrumentos publicados, contiene información sobre este análisis.

Nota 2.— La Circular 324 también contiene información sobre la separación de derrotas de llegada y salida usando áreas protegidas que no se superponen, basándose en criterios de franqueamiento de obstáculos, según lo dispuesto en el Doc 8168).



Espaciamiento entre Rutas

Doc. 4444 – Nov 2014

5.4.1.1.4 When an aircraft turns onto an ATS route via a **flyover waypoint**, a separation **other than the normally prescribed** lateral separation shall be applied for that portion of the flight between the flyover waypoint where the turn is executed and the next waypoint

Note 1.— For flyover waypoints aircraft are required to first fly over the waypoint before executing the turn. After the turn the aircraft may either navigate to join the route immediately after the turn or navigate to the next defined waypoint before re-joining the route. This will require additional lateral separation on the overflown side of the turn.

*Note 2.— This **does not apply to ATS routes that have turns using fly-by waypoints.***

Espaciamiento entre Rutas

Doc. 4444 – Nov 2014

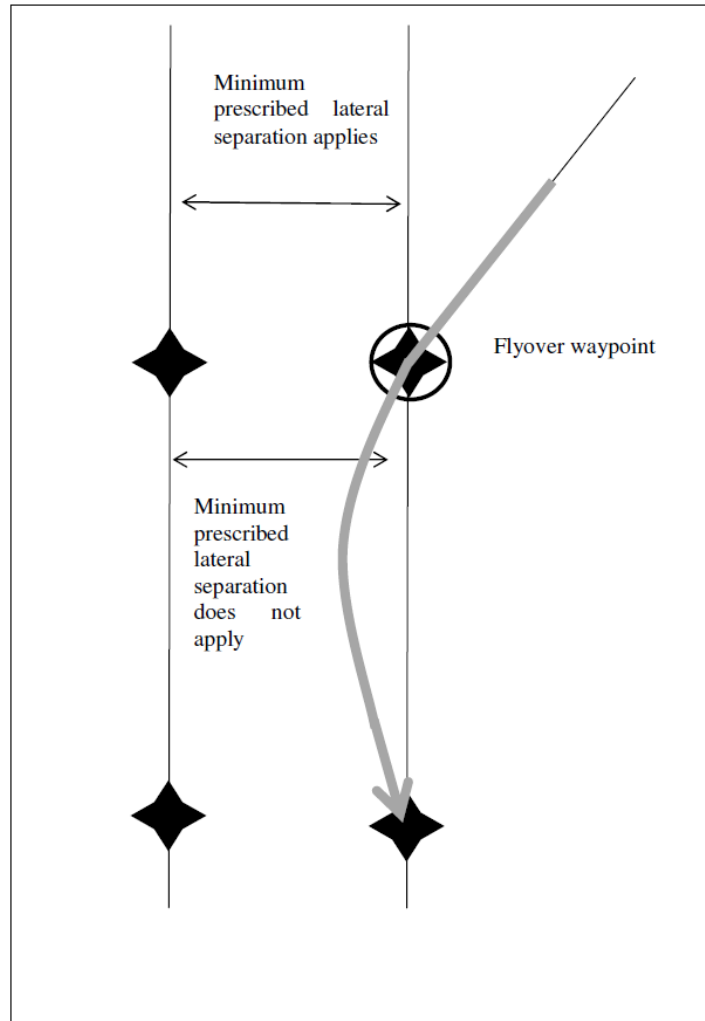


Figure 5-1: Turn over flyover waypoint (See 5.4.1.1.4)

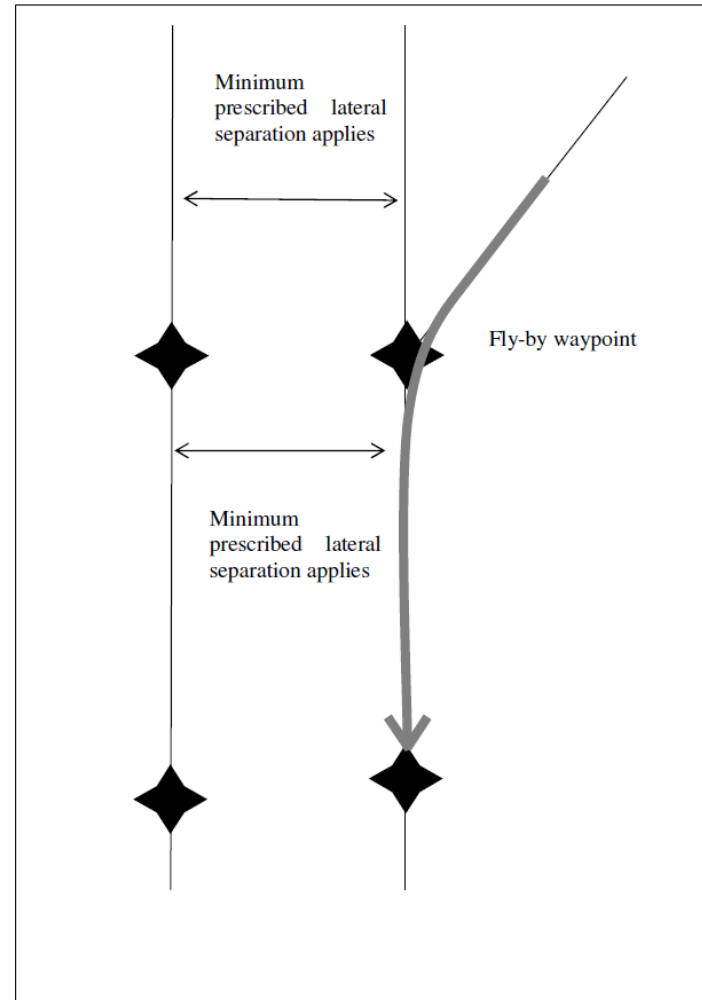


Figure 5-2: Turn at fly-by waypoint (See 5.4.1.1.4)



Espaciamiento entre Rutas

Doc. 4444 – Nov 2014

5.4.1.2.1.6 *Lateral separation of aircraft on parallel or non-intersecting tracks or ATS routes.* Within designated airspace or on designated routes, lateral separation between aircraft operating on parallel or non-intersecting tracks or ATS routes shall be established in accordance with the following:

- a) for a minimum spacing between tracks of 93 km (**50 NM**) a navigational performance of **RNAV 10 (RNP 10), RNP 4 or RNP 2** shall be prescribed;
- b) for a minimum spacing between tracks of 55.5 km (**30 NM**) a navigational performance of **RNP 4 or RNP 2** shall be prescribed-;
- c) for a minimum spacing between tracks of 27.8 km (**15 NM**) a navigational performance of **RNP 2 or a GNSS equipage** shall be prescribed. **Direct controller-pilot VHF voice communication** shall be maintained while such separation is applied;



Espaciamiento entre Rutas

Doc. 4444 – Nov 2014

- d) for a minimum spacing between tracks of 13 km (7 NM), applied while one aircraft climbs/descends through the level of another aircraft, a navigational performance of RNP 2 or a GNSS equipage shall be prescribed. Direct controller-pilot VHF voice communication shall be maintained while such separation is applied; and
- e) for a minimum spacing between tracks of 37 km (20 NM), applied while one aircraft climbs/descends through the level of another aircraft whilst using other types of communication than specified in d) above, a navigational performance of RNP 2 or a GNSS equipage shall be prescribed

Note 1.— Guidance material for the implementation of the navigation capability supporting 93 km (50 NM), 55.5 km (30 NM), 37 km (20 NM), 27.8 km (15 NM), and 13 km (7 NM) lateral separation is contained in the Performance-based Navigation (PBN) Manual (Doc 9613) and Circular 334, Guidelines for the Implementation of Lateral Separation Minima.



Espaciamiento entre Rutas

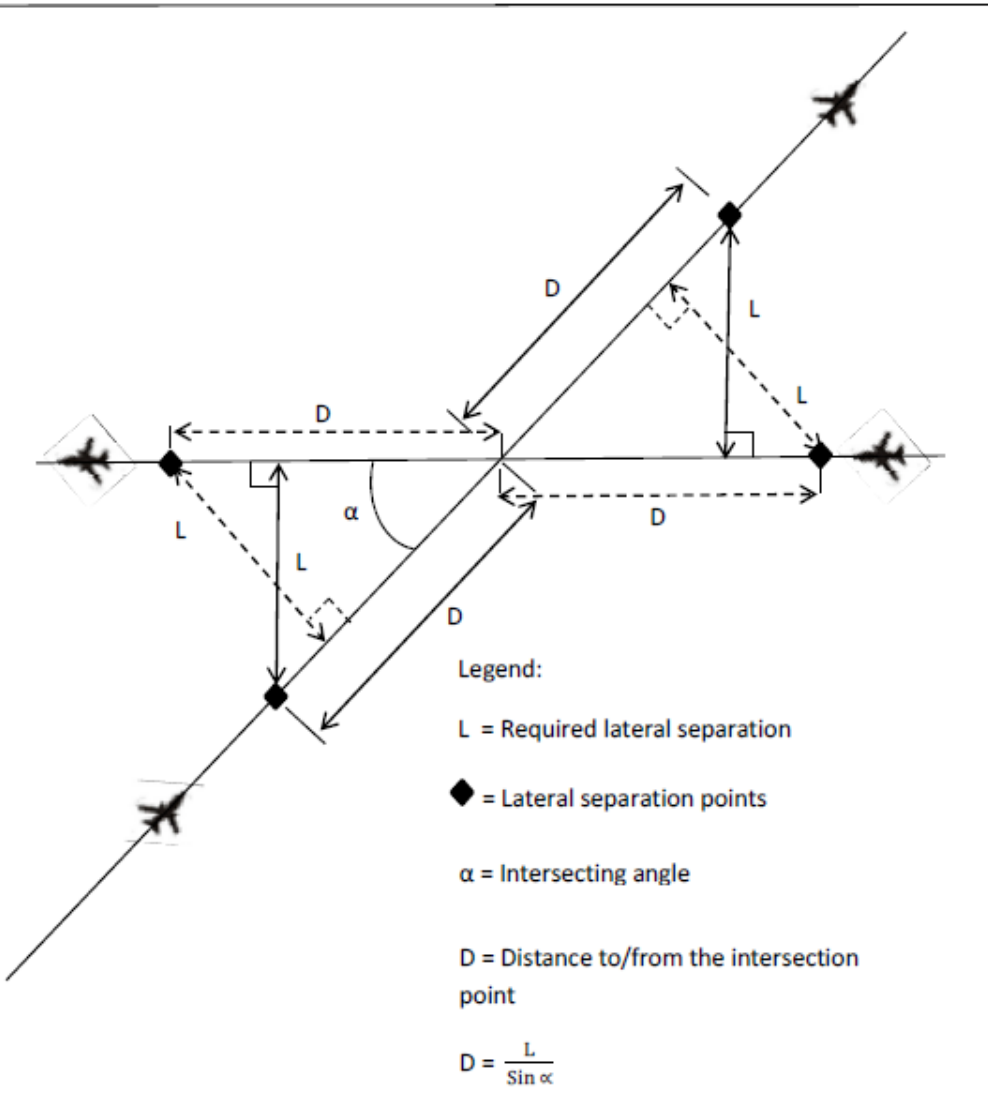
Doc. 4444 – Nov 2014

Lateral separation of aircraft on intersecting tracks or ATS routes. Lateral separation between aircraft operating on intersecting tracks or ATS routes shall be established in accordance with the following:

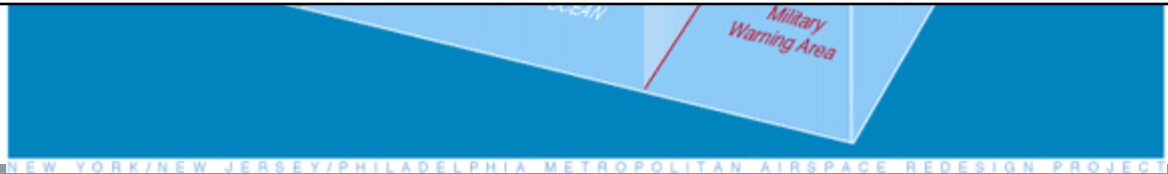
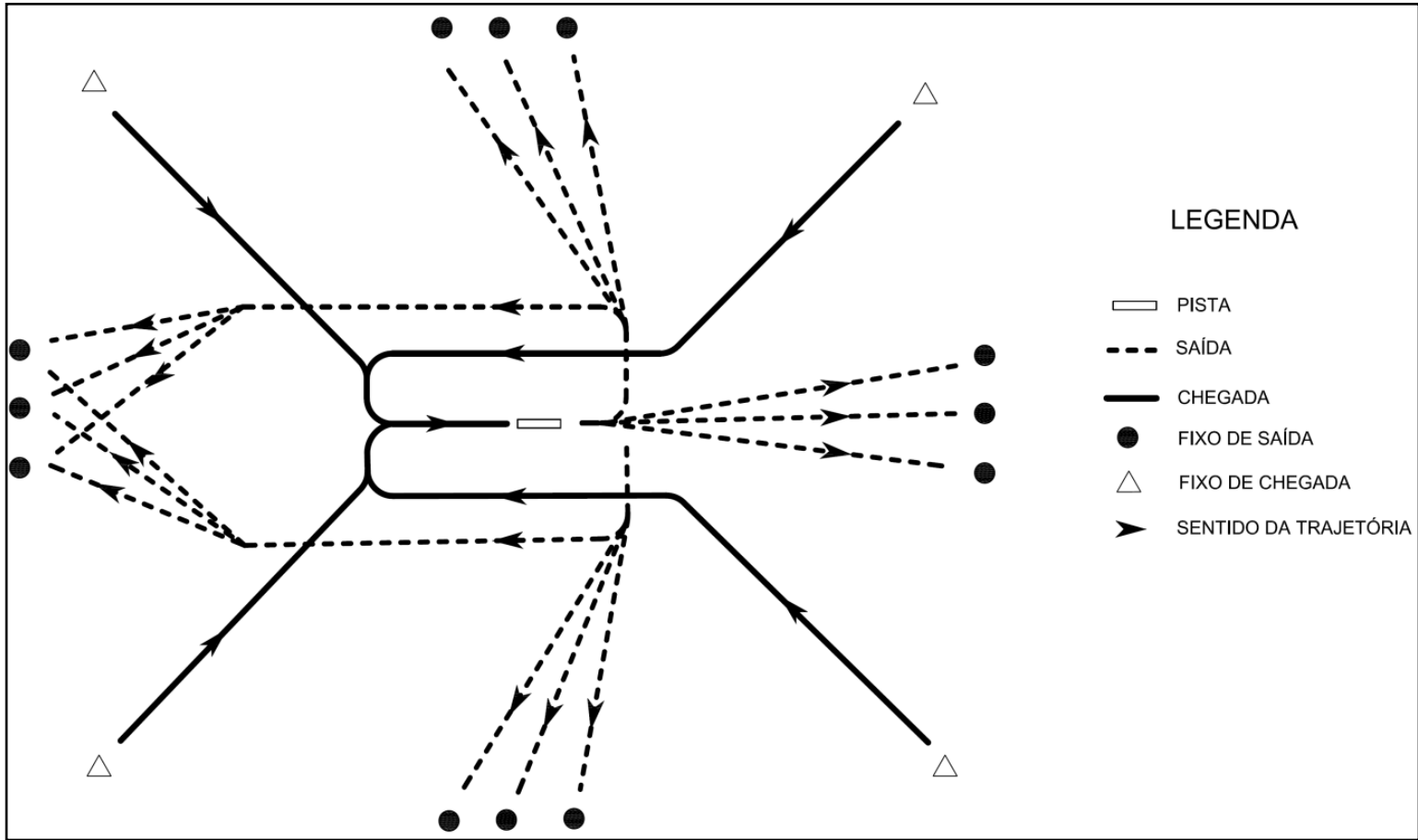
- a) an aircraft converging with the track of another aircraft is laterally separated until it reaches a lateral separation point that is located a specified distance measured perpendicularly from the track of the other aircraft; and
- b) an aircraft diverging from the track of another aircraft is laterally separated after passing a lateral separation point that is located a specified distance measured perpendicularly from the track of the other aircraft.

Espaciamiento entre Rutas

Doc. 4444 – Nov 2014



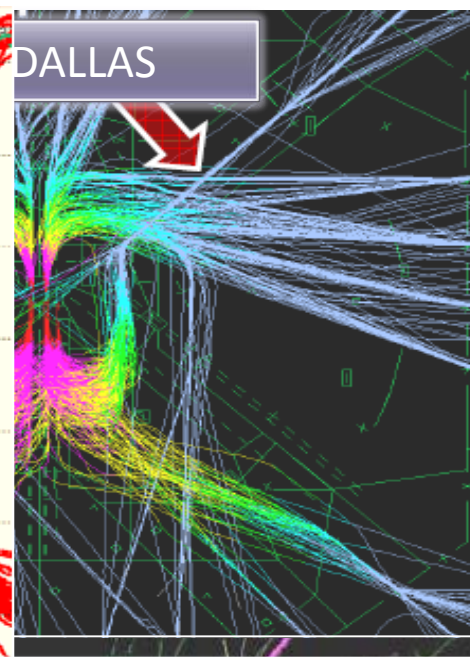
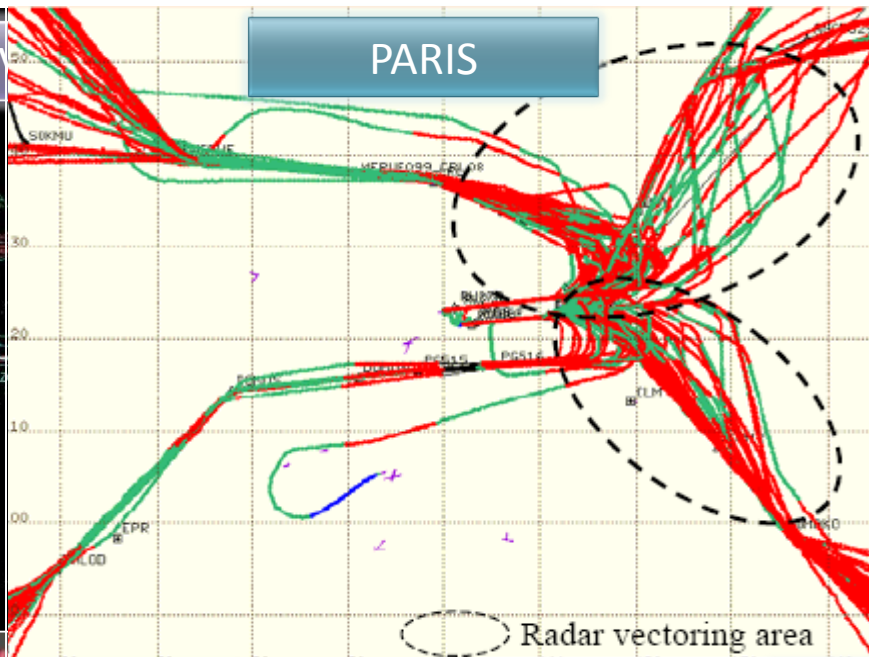
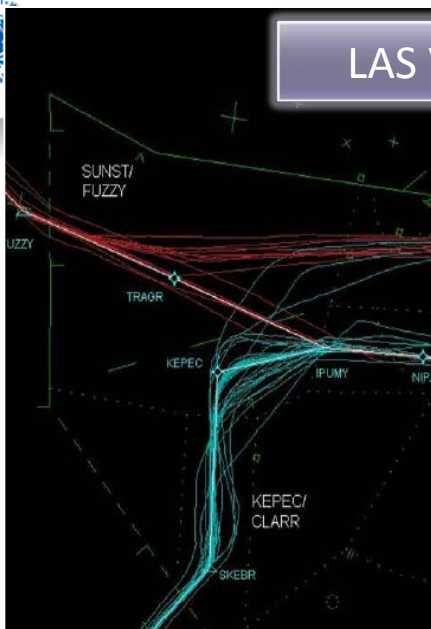
Navigation	Separation
RNAV 10	93 km (50 NM)
RNP 4	55.5 km (30 NM)
RNP 2	27.8 km (15 NM)



LAS VEGAS

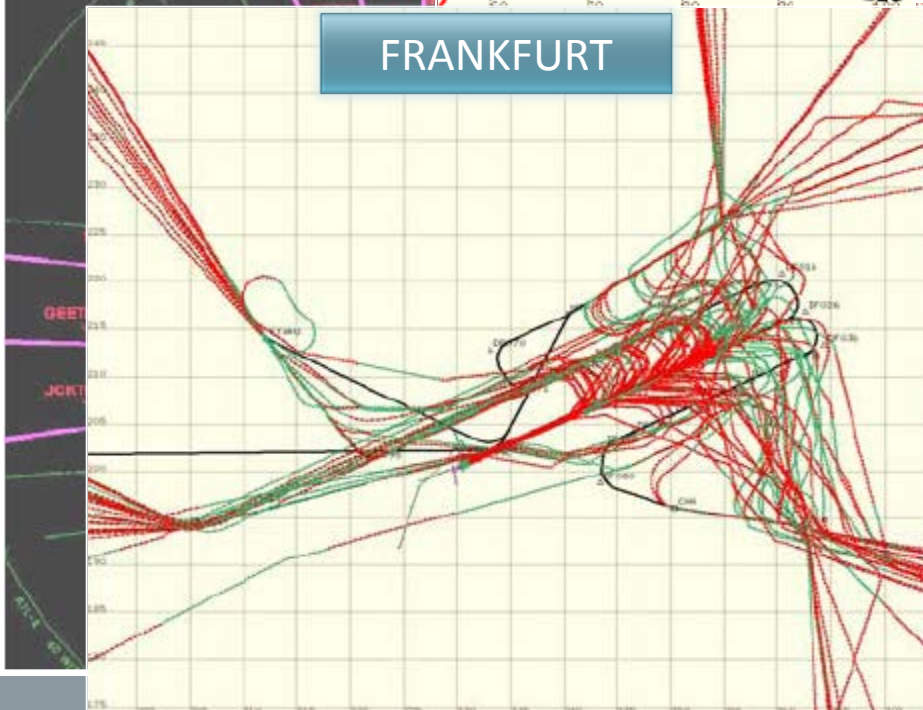
PARIS

DALLAS



FRANKFURT

LONDRES





ICAO

CAPACITY & EFFICIENCY

