

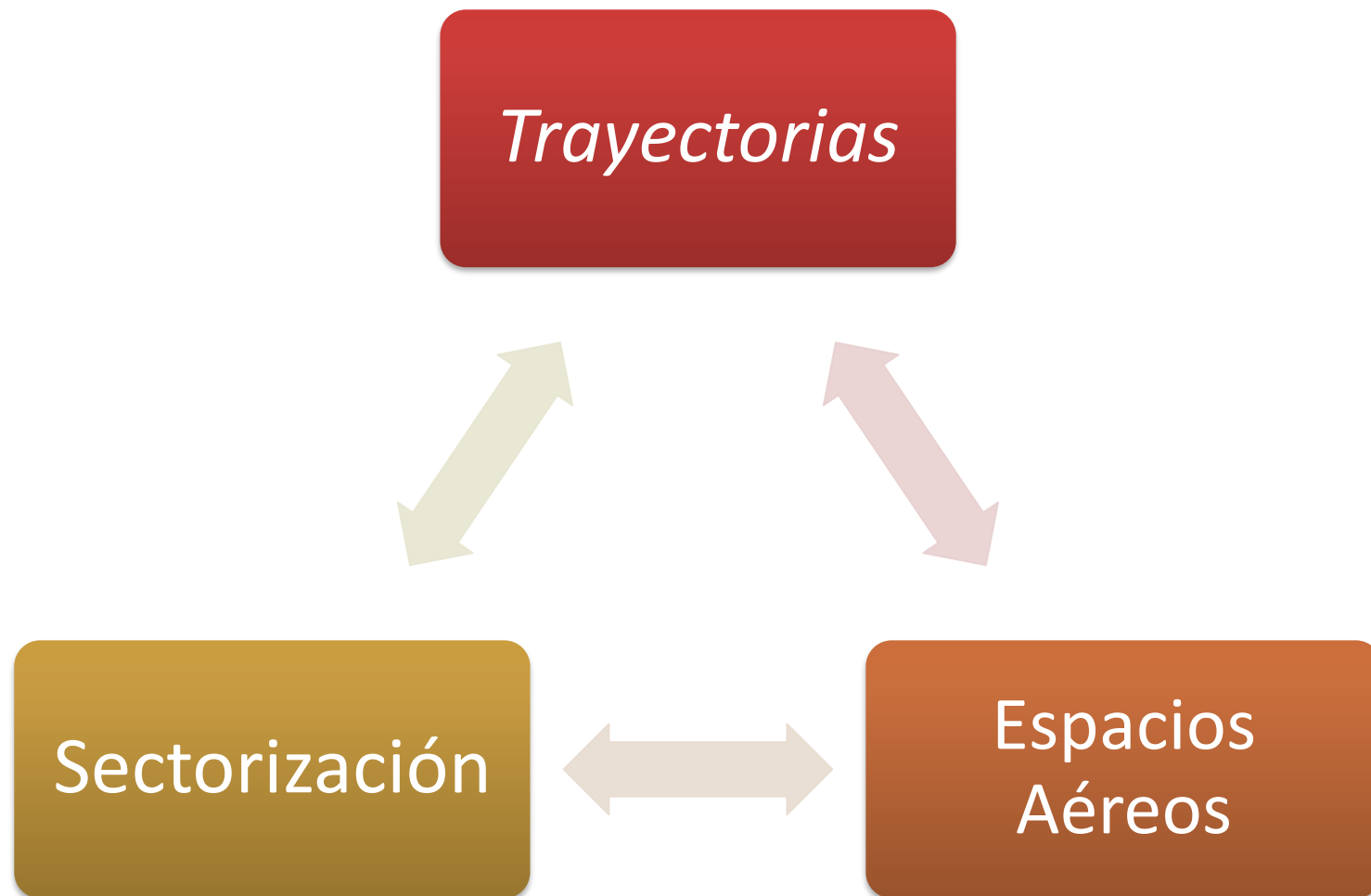


Taller Planificación de EA

TRAYECTORIAS



CEA... DONDE EMPEZAR?



GUION

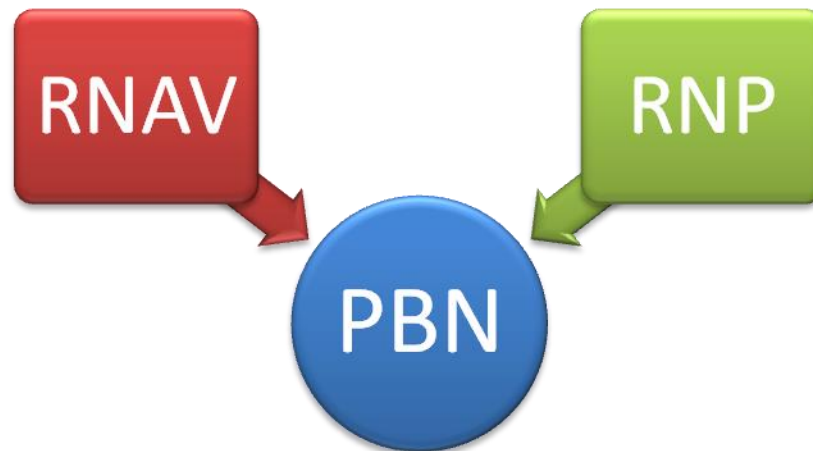
- Especificación de Navegación
- Llegadas y Salidas (CDO/CCO)
- Rutas
- Separación entre Trayectorias
- Esperas

TRAYECTORIAS: LLEGADAS, SALIDAS Y RUTAS

- Depende de varios factores
- Factibles >> complejidad
- Performance de las ACFT (velocidad; pendientes; etc)
- Emisiones de CO2
- Ni siempre la trayectoria más directa es la más eficiente
- Vuelos nivelados a baja altitud >> más combustible

NAVEGACIÓN BASADA EN PERFORMANCE (PBN)

- Especifica los requisitos de performance para los sistemas RNAV/RNP en términos de precisión, integridad, continuidad y funcionalidad.
- >> necesarios para operar dentro de ese espacio aéreo



Tipo de Trayectoria

Especificación de Navegación

Ruta

RNAV 10, RNAV 5, RNP 4, RNP 2 o A-RNP

Llegada

RNAV 1, RNP 1 o A-RNP

Salida

RNAV 1, RNP 1, A-RNP o RNP AR

Aproximación

RNP APCH o RNP AR APCH

- Ver Manual PBN para más detalles
- Vigilancia ATS NO obligatoria en SID/STAR RNAV 1 (GNSS)
- ILS con Transición RNAV >> RNAV 1 o RNP 1
- Si DME/DME >> necesidad de vigilancia ATS

LLEGADAS & SALIDAS

LLEGADAS Y SALIDAS

→ Principios básicos:

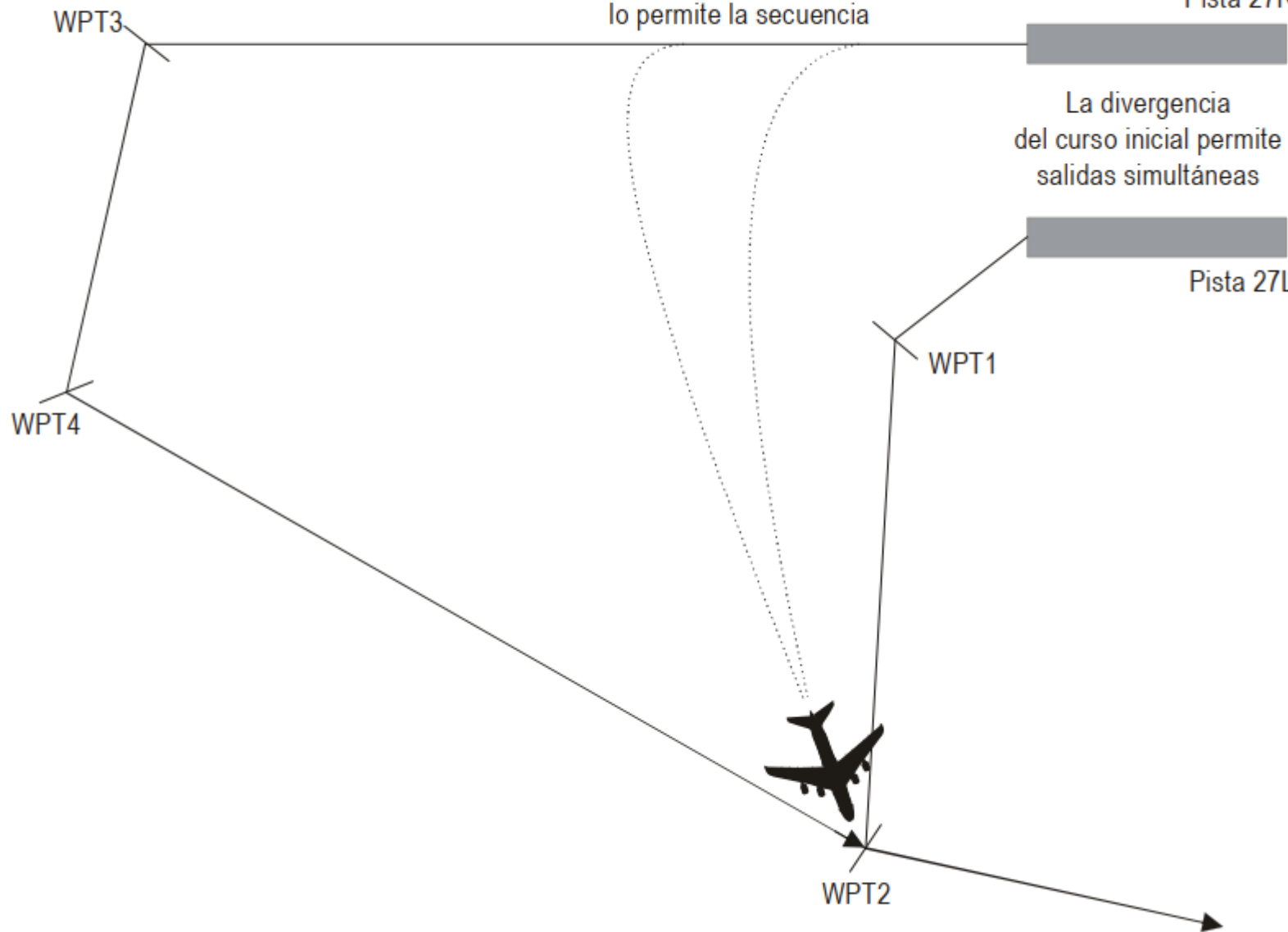
- Evitar áreas con fenómenos meteorológicos (turbulencia)
- Considerar picos estacionales de tráfico aéreo
- Conocer la infraestructura CNS/ATM disponibles
- Separar la aprox. frustrada de las salidas, se posible
- STAR solamente cuando necesario (carga ATCO, terreno, etc)
- Se puede alargar salidas para flexibilidad del ATCO

El controlador indica
un WPT2 directo tan pronto
lo permite la secuencia

Pista 27R

La divergencia
del curso inicial permite
salidas simultáneas

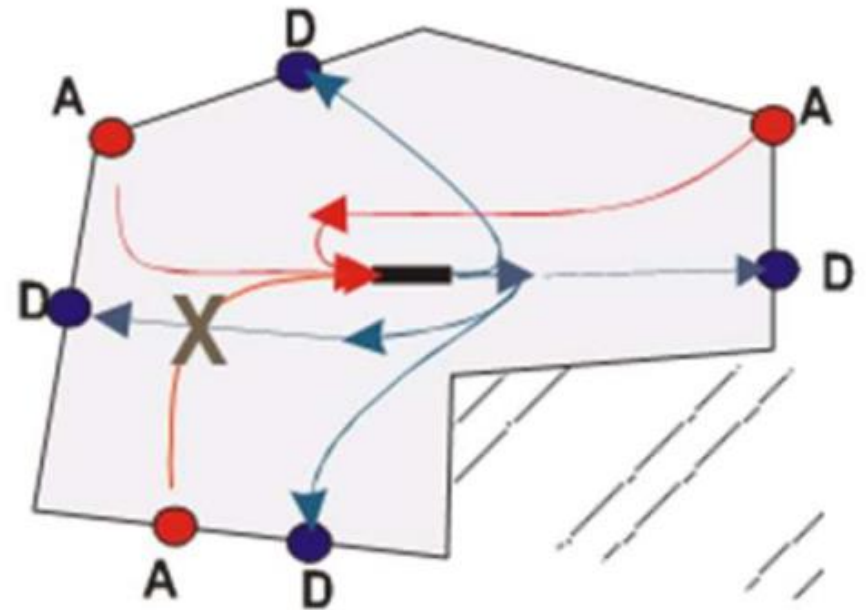
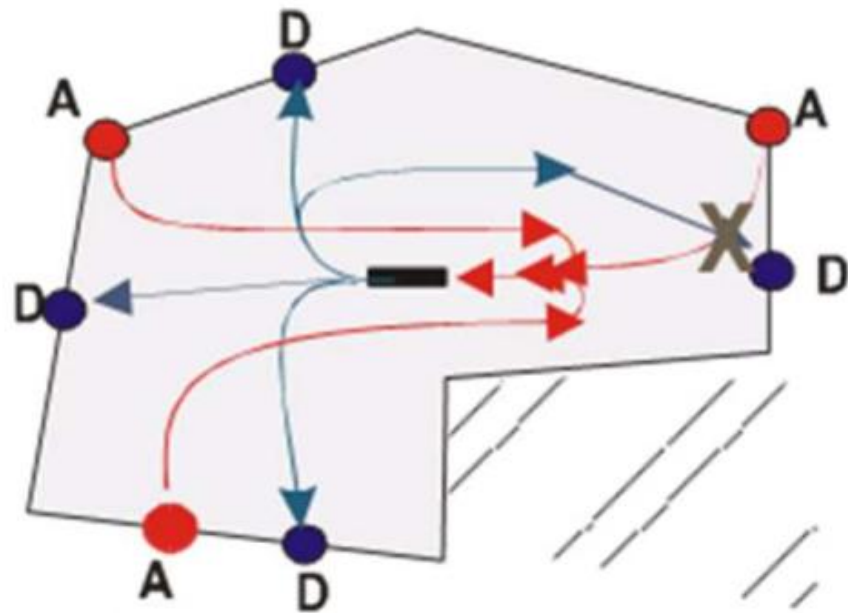
Pista 27L



WPT = Punto de recorrido

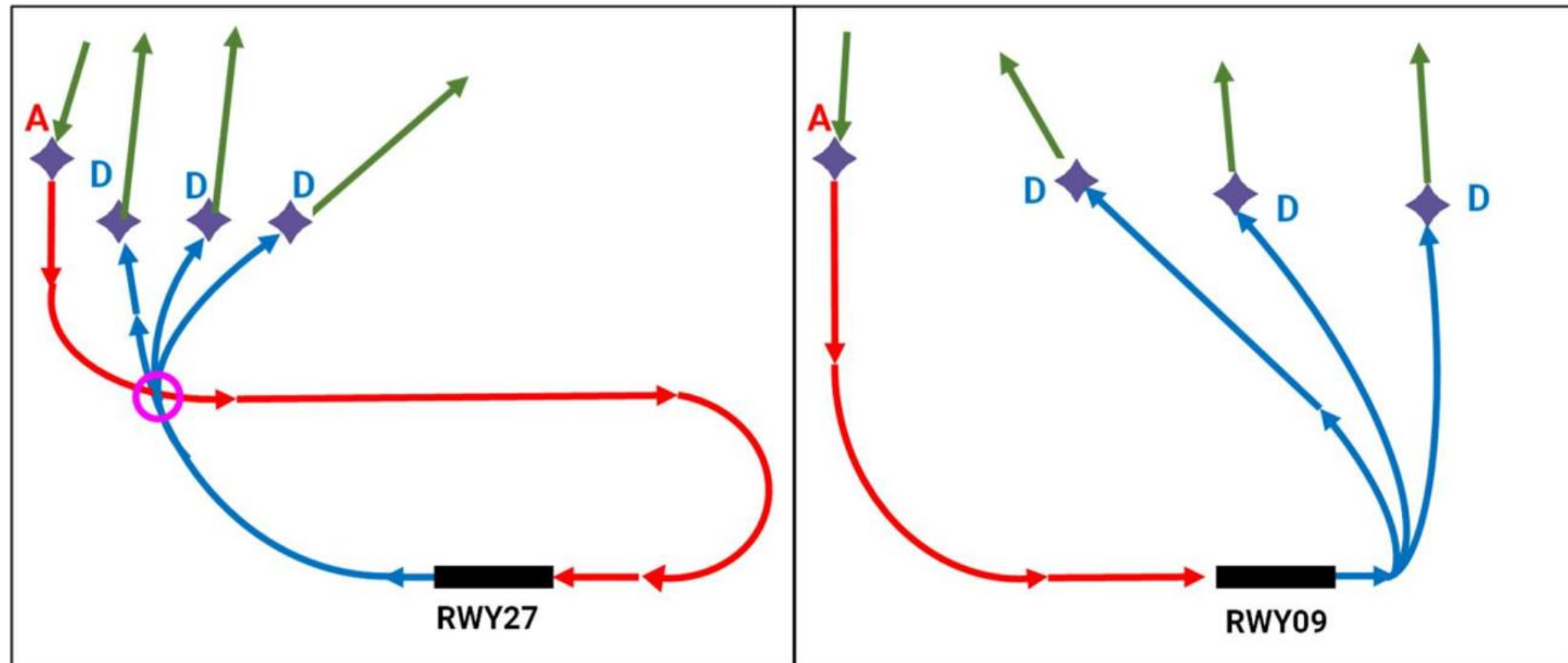
“ESPEJAMIENTO”

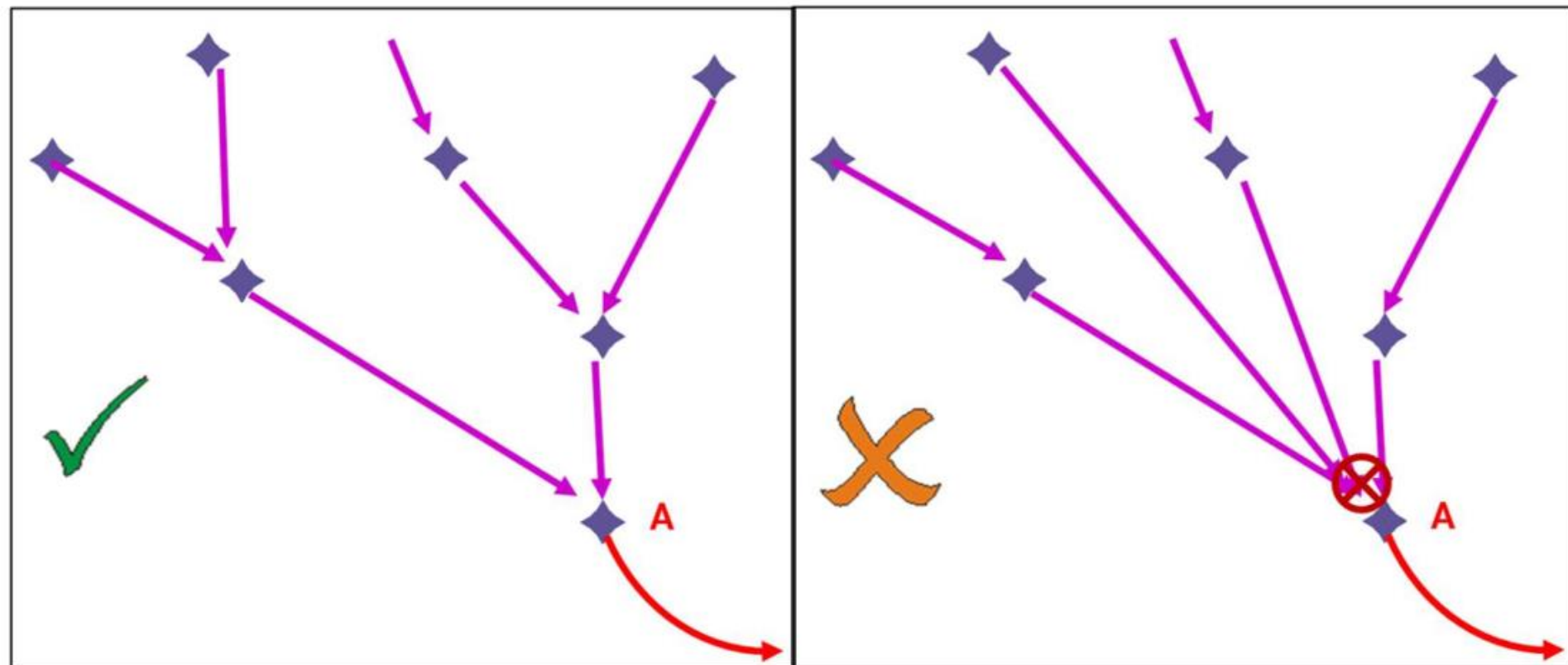
→ Cambio de pista



LLEGADAS Y SALIDAS

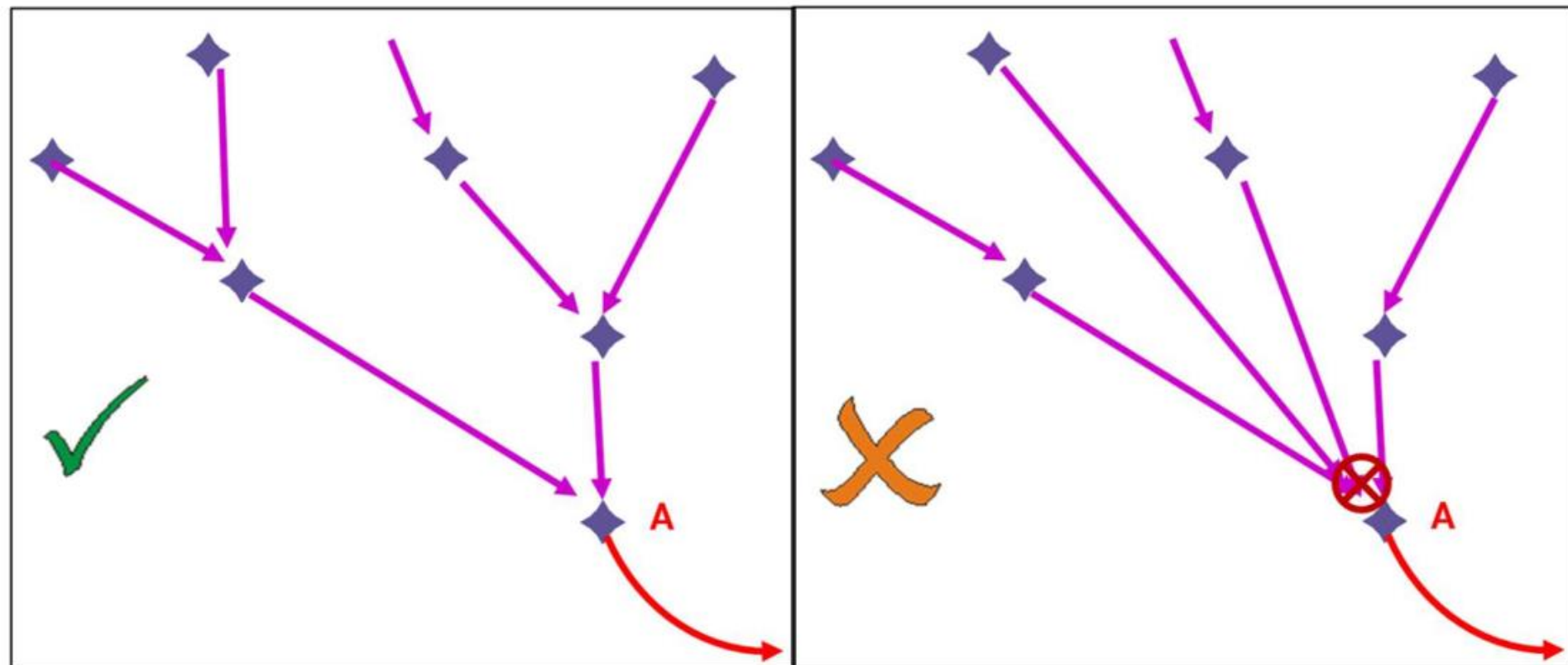
→ Conexión rutas





Junción dos a dos de los flujos debe realizarse preferentemente en diferentes sectores y alimentar el siguiente sector por un solo flujo

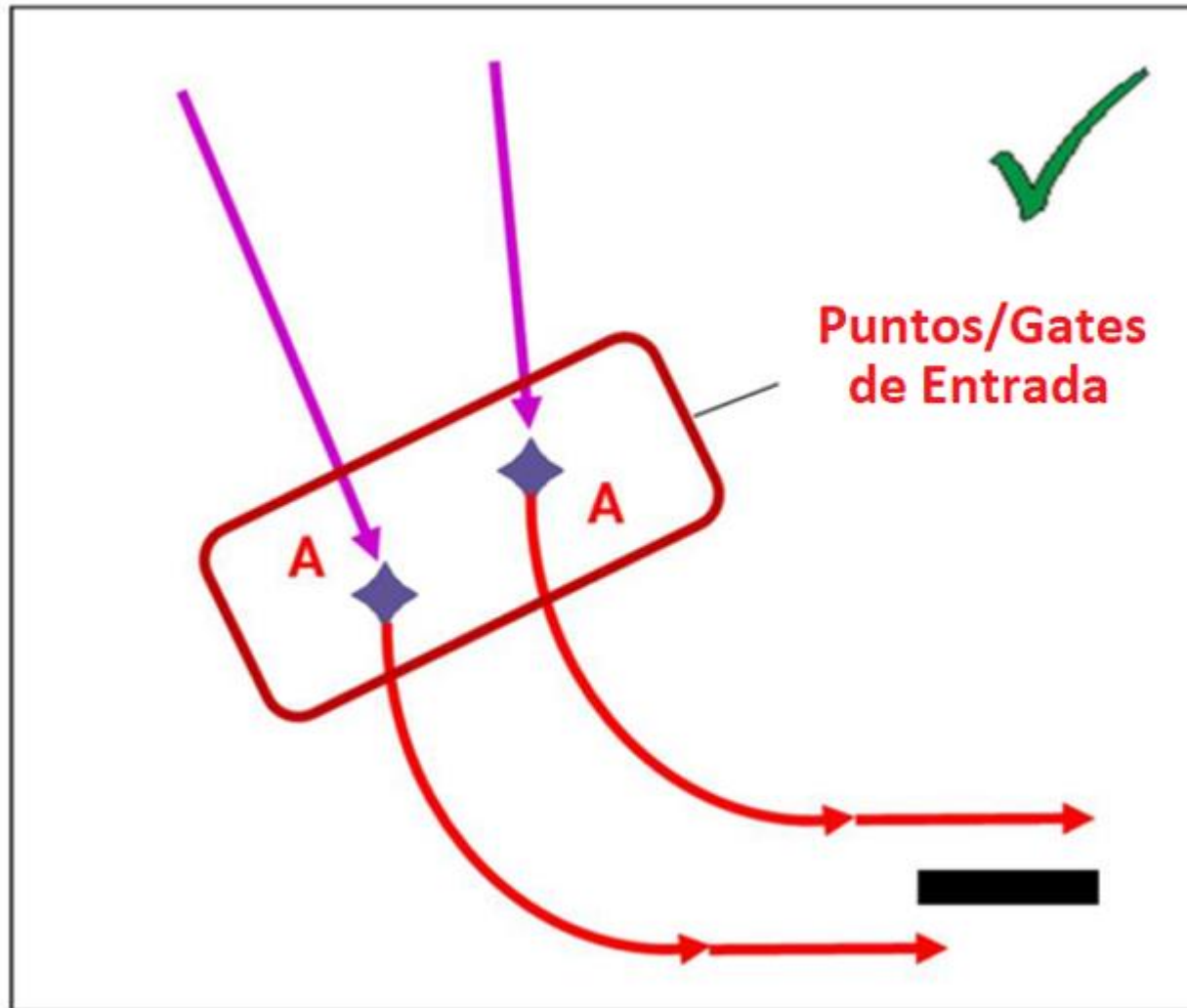
>> evitar la atención difusa del ATCO



→ Máximo 4 gates, excepto:

- Mix ACFT significativo
- Varios AD principales
- Bajo movimiento

LLEGADAS Y SALIDAS

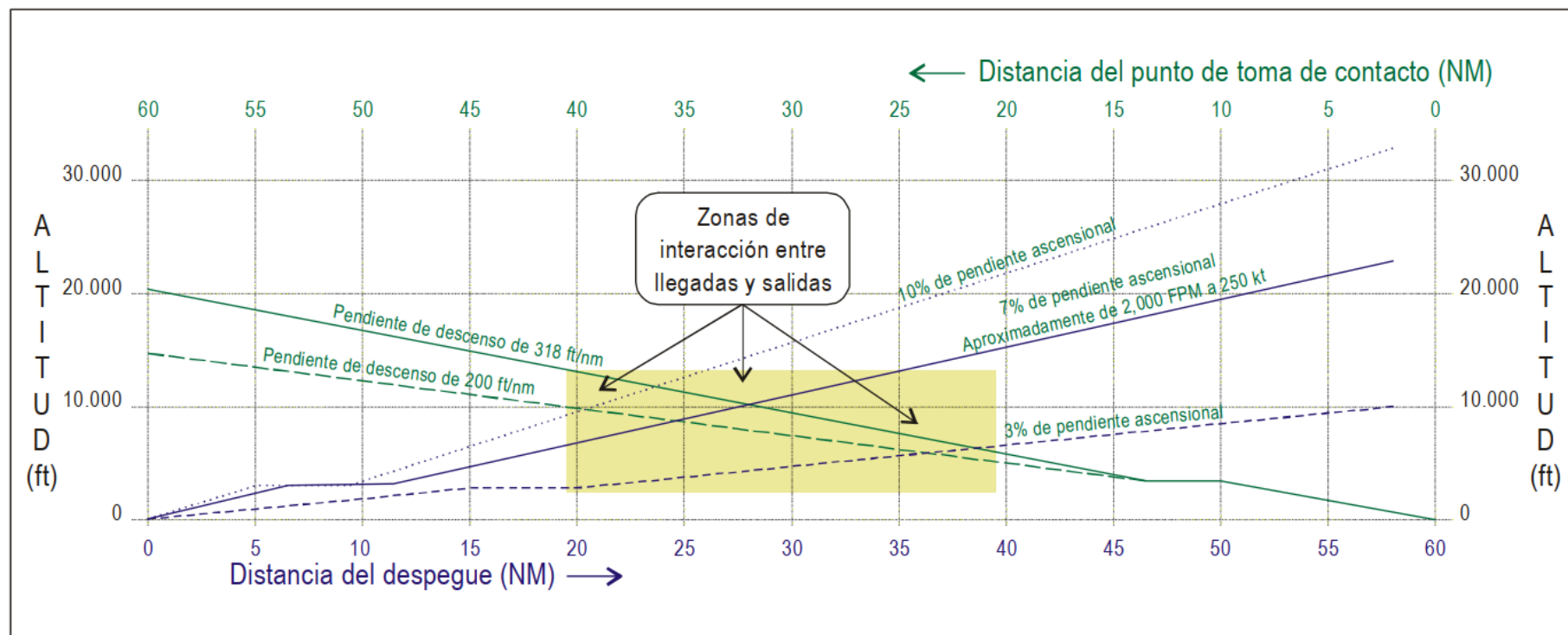




It has two new holds for busy periods

DESCENSO (CDO) Y ASCENSO (CCO) CONTINUO

- Proporcionan ahorros de ruido, combustible y emisiones
- Descender y ascender sin interrupciones





DESCENSO (CDO)

Nota: Para ilustrar el ejemplo, se calcularon límites de franqueamiento en un punto que dista 95 nm del extremo de pista que está a 90 nm del FAF. Las distancias reales elegidas pueden diferir. Las altitudes de franqueamiento pueden especificarse como "iguales o mayores que", "iguales o menores que", o de las dos maneras.

Límite superior (ejemplo):
 $(90 \text{ nm} \times 350 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$

 $= 34\,000 \text{ ft MSL}$

Límite inferior (ejemplo):
 $((80 \text{ nm} - 5 \text{ nm}) \times 220 \text{ ft/nm})$
 $+ (10 \text{ nm} \times 160 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$

 $= 20\,600 \text{ ft MSL}$

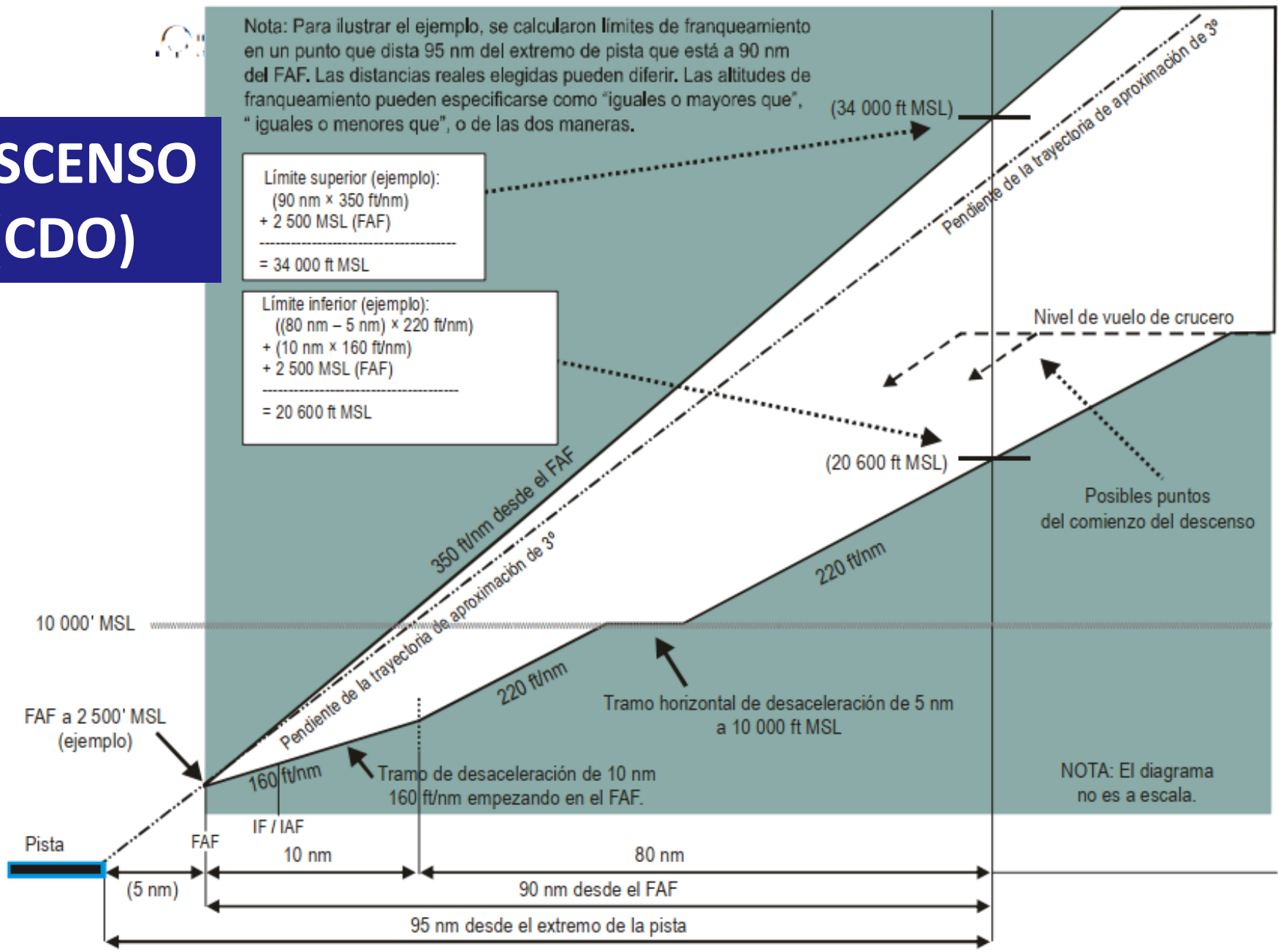


Figura 1-6. Aproximación por instrumentos en un procedimiento CDO optimizado

DESCENSO (CDO)

→ Perfil óptimo de descenso depende:

- tipo de aeronave
- peso real de la aeronave
- viento
- temperatura y presión atmosférica
- formación de hielo
- etc

DESCENSO (CDO)

- CDO permite más tiempo en niveles de crucero (más eficientes en combustible) >> necesita conocer a distancia exacta a recorrer (punto de STAR o del ATCO)
- Diseñar cada llegada en estrecha coordinación con AL/EA
- Segregar SID y STAR tanto como sea posible
- Cualquier segmento nivelado aumentará el consumo de combustible y emisiones (depende del tipo de aeronave, la altitud del segmento nivelado y condiciones atmosféricas)
>> inevitables? (más alto posible)

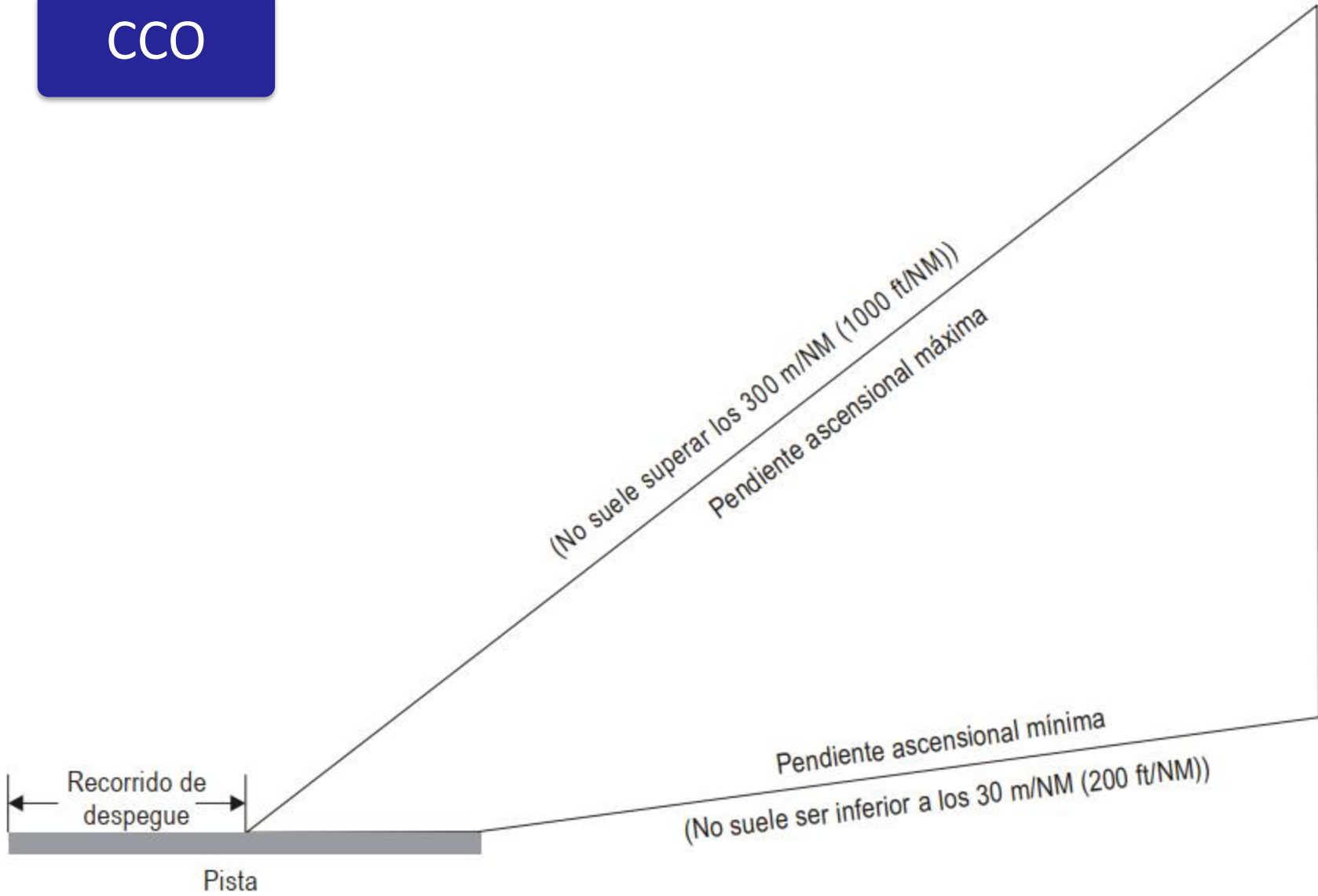
DESCENSO (CDO)

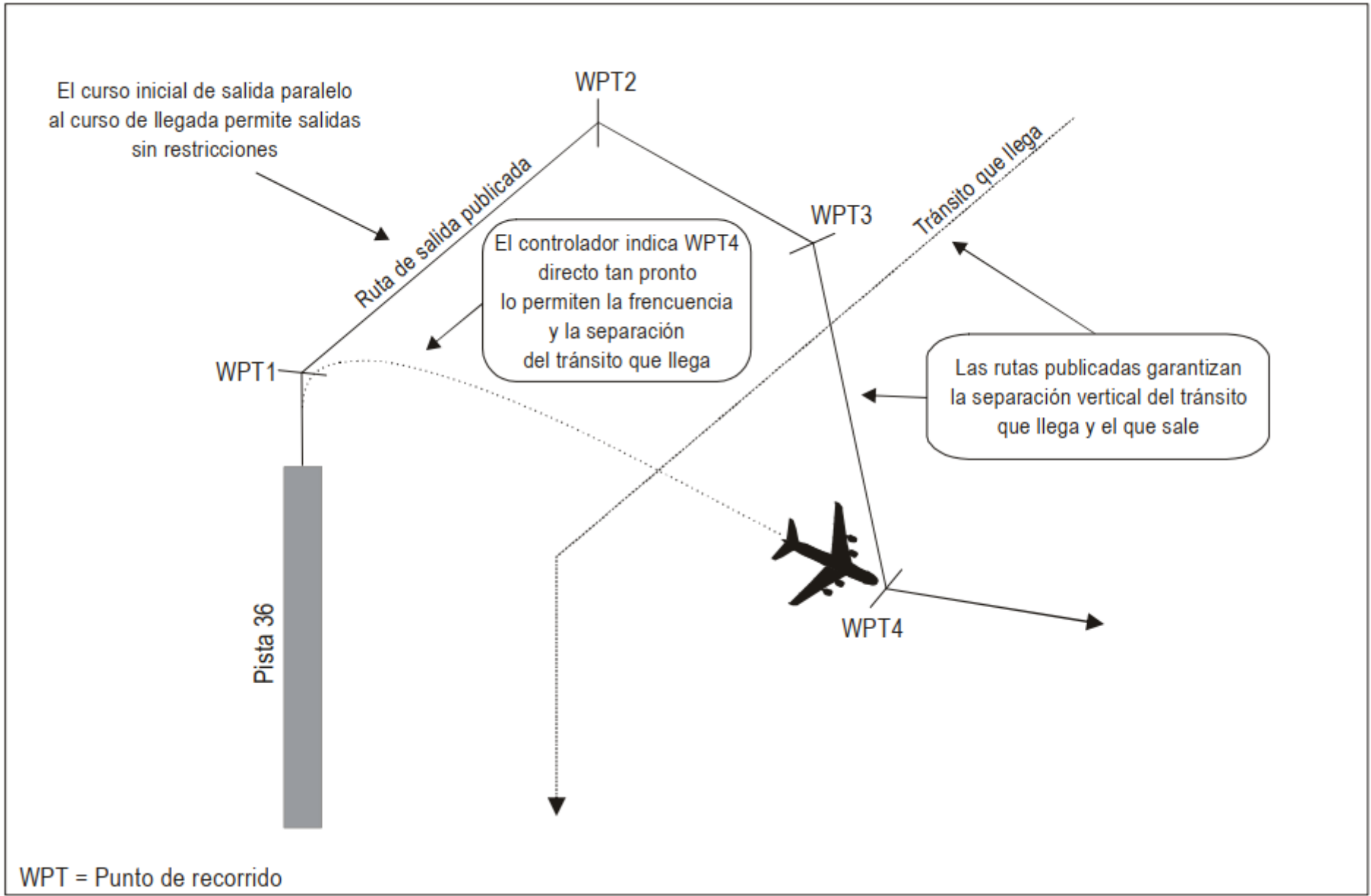
- Ventanas de nivel y velocidad deben tener en cuenta la performance de las ACFT, pero no demasiado grandes
 - >> bloquear demasiado el espacio aéreo
- Rutas DCT (base táctica) pueden permitir mantener niveles de crucero o niveles óptimos y renunciar a las restricciones verticales

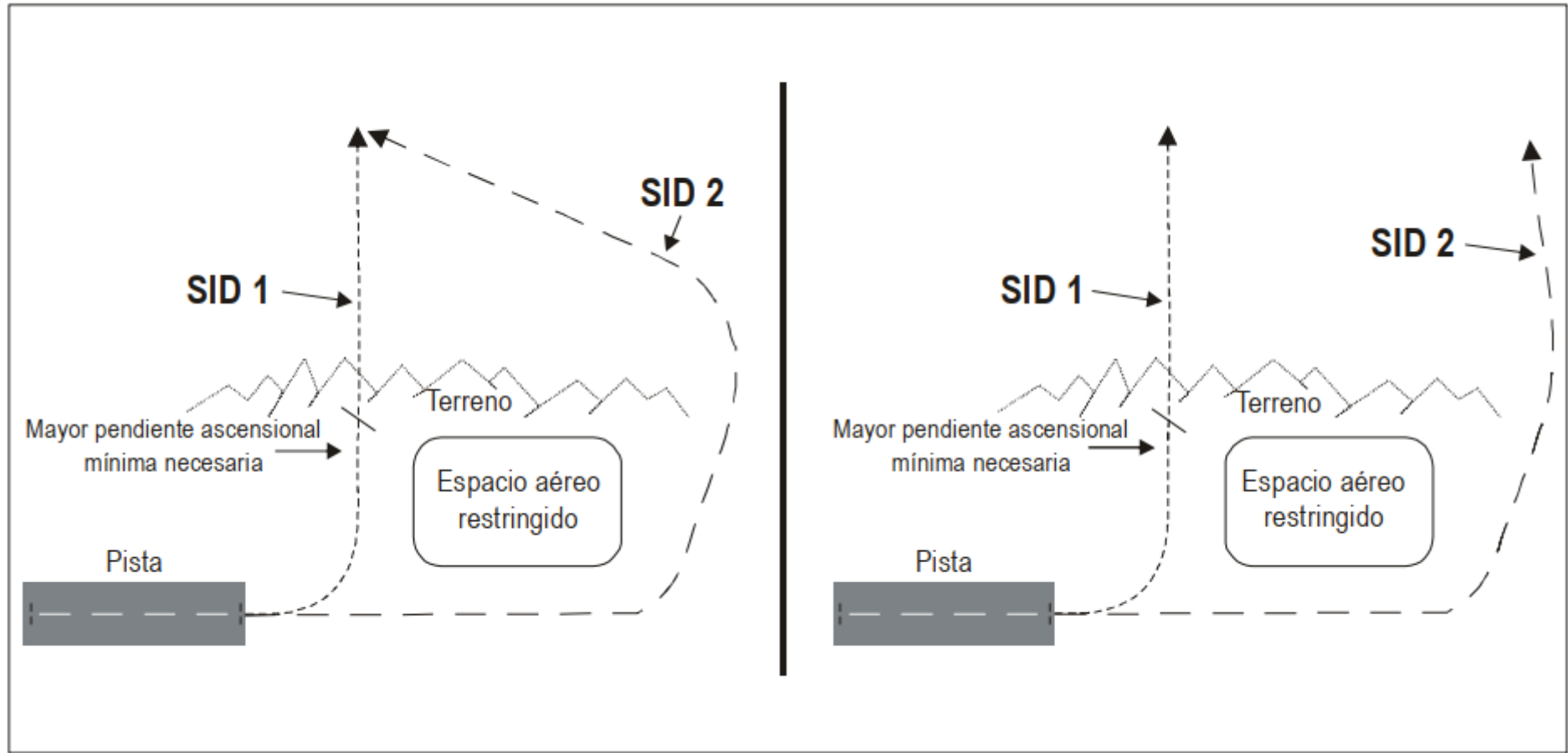
ASCENSO (CCO)

- NO se debería exigir a la aeronave que nivele el ascenso en ninguna etapa
- Es posible colocar puntos de cruce de SID y STAR en un lugar donde los perfiles no interactúen
 - >> no se requiere una nivelación obligatoria
 - >> ATC debe monitorear

CCO

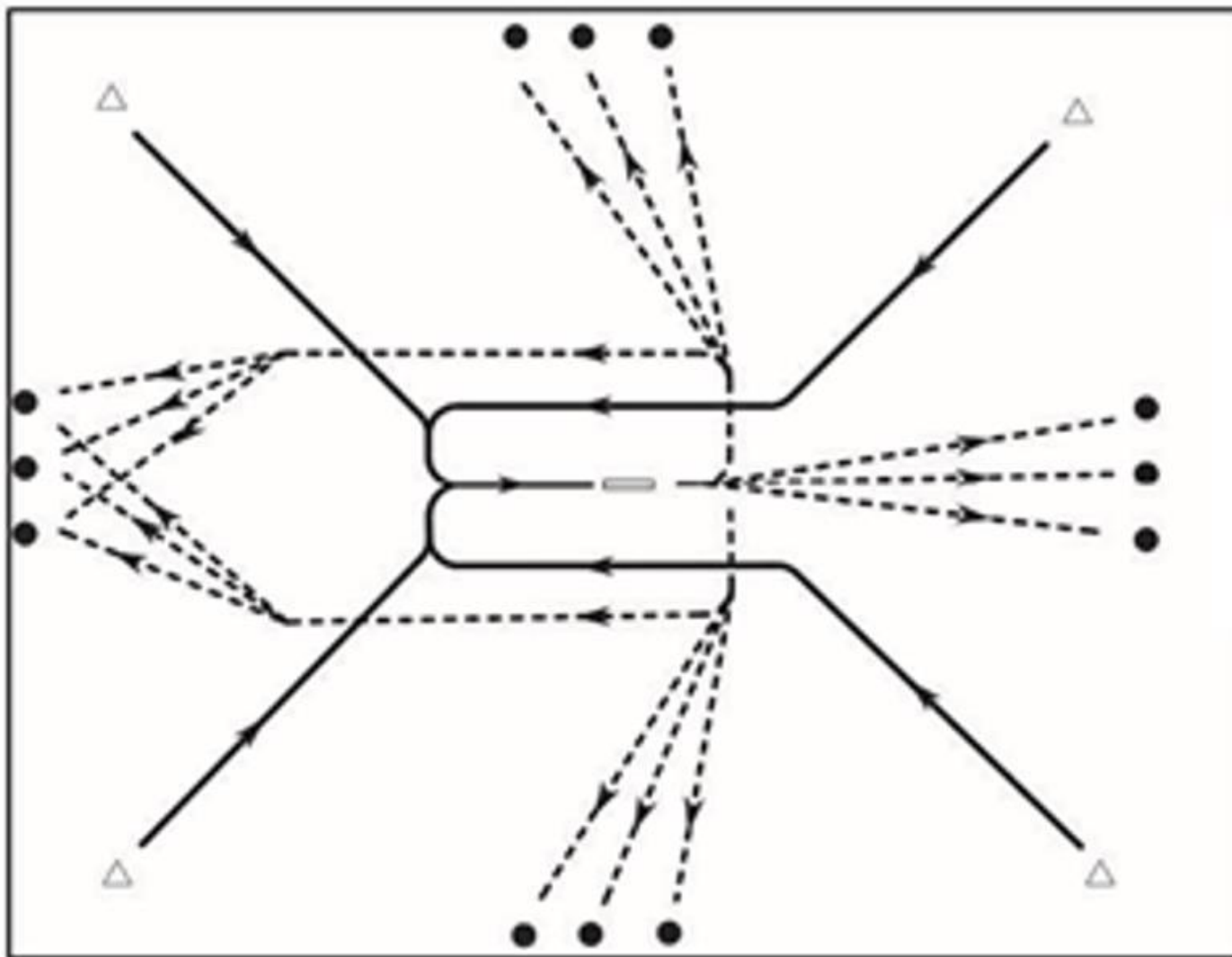






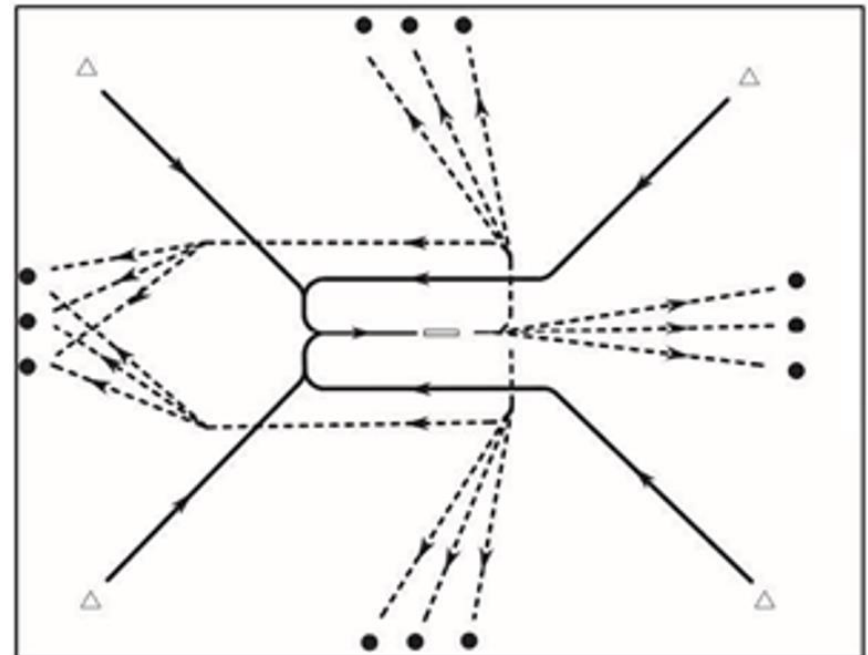
TÉCNICAS PARA STAR

TÉCNICA FOUR CORNER



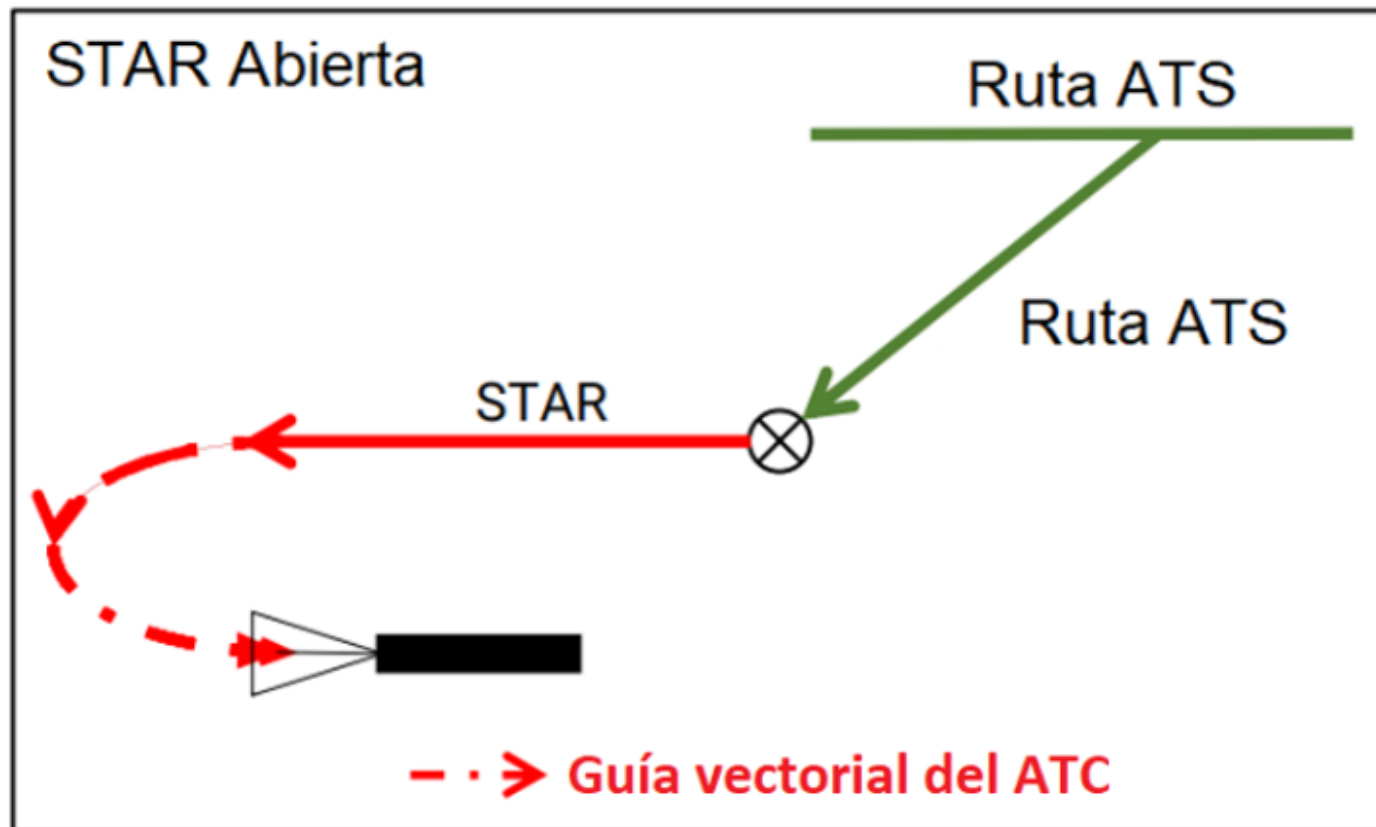
TÉCNICA FOUR CORNER

- No requiere una aplicación rígida y simétrica
- Permite realizar cruces próximos al AD >> CCO y CDO
- Ideal para pistas paralelas
- Facilita cambio de pista
- Vértices son los IAF



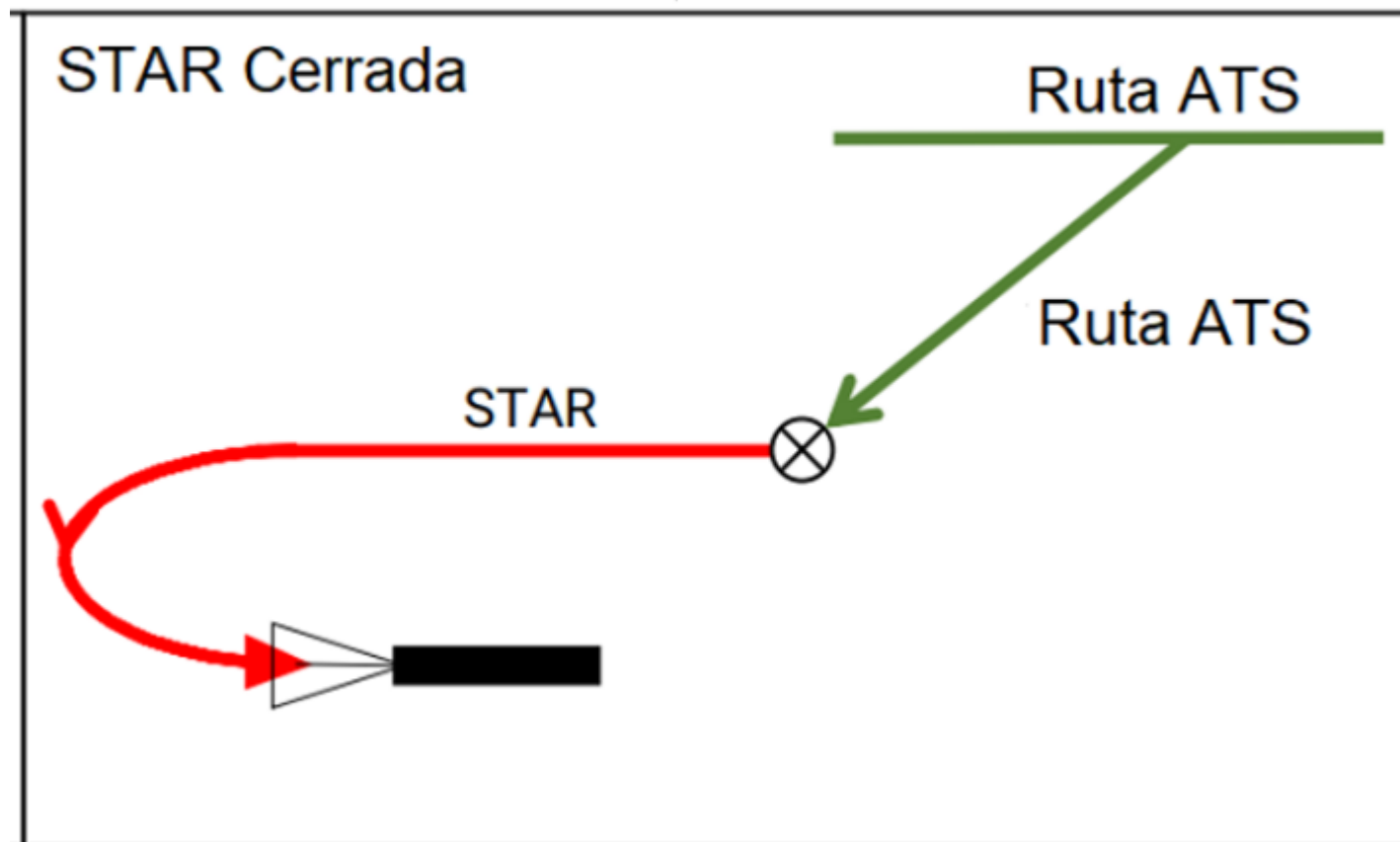
STAR ABIERTA

- Llegada paralela a la pista hasta un WPT (guía vectorial)
- Reduce la necesidad de vectorización



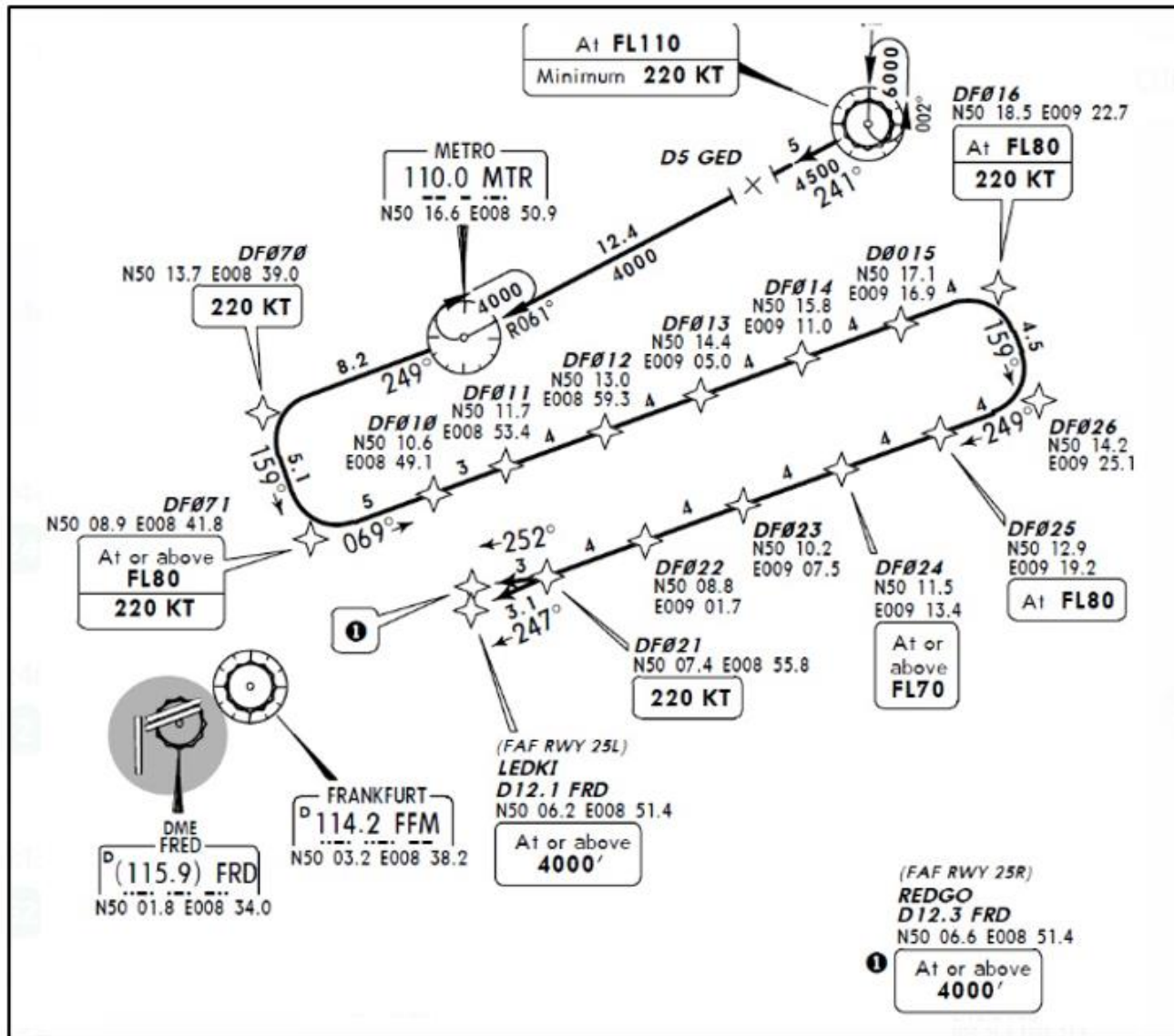
STAR CERRADA

- Llegada paralela a la pista hasta un waypoint (IAF o IF)
- Puede ser asociada al Concepto de Trombón



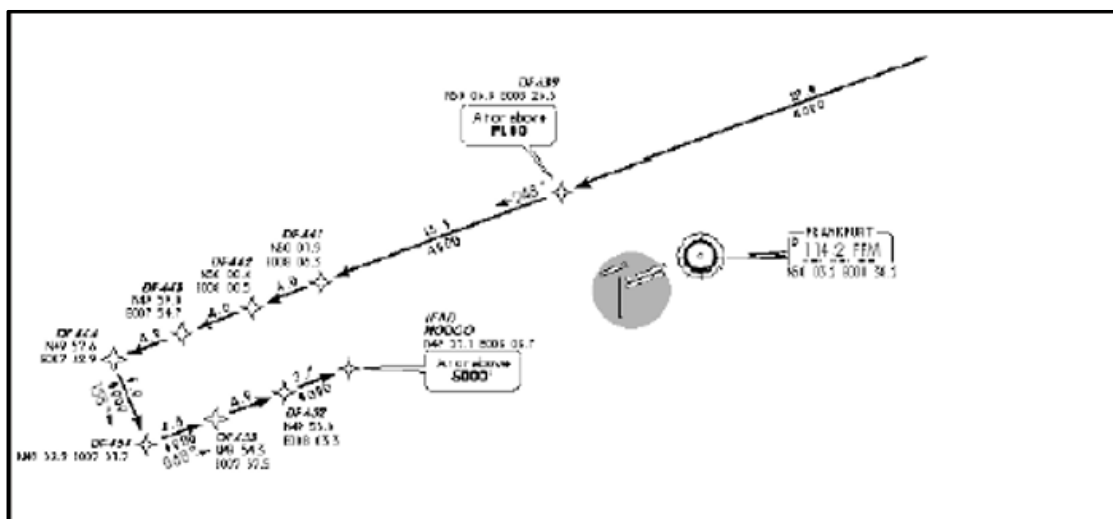


TÉCNICA TROMBÓN

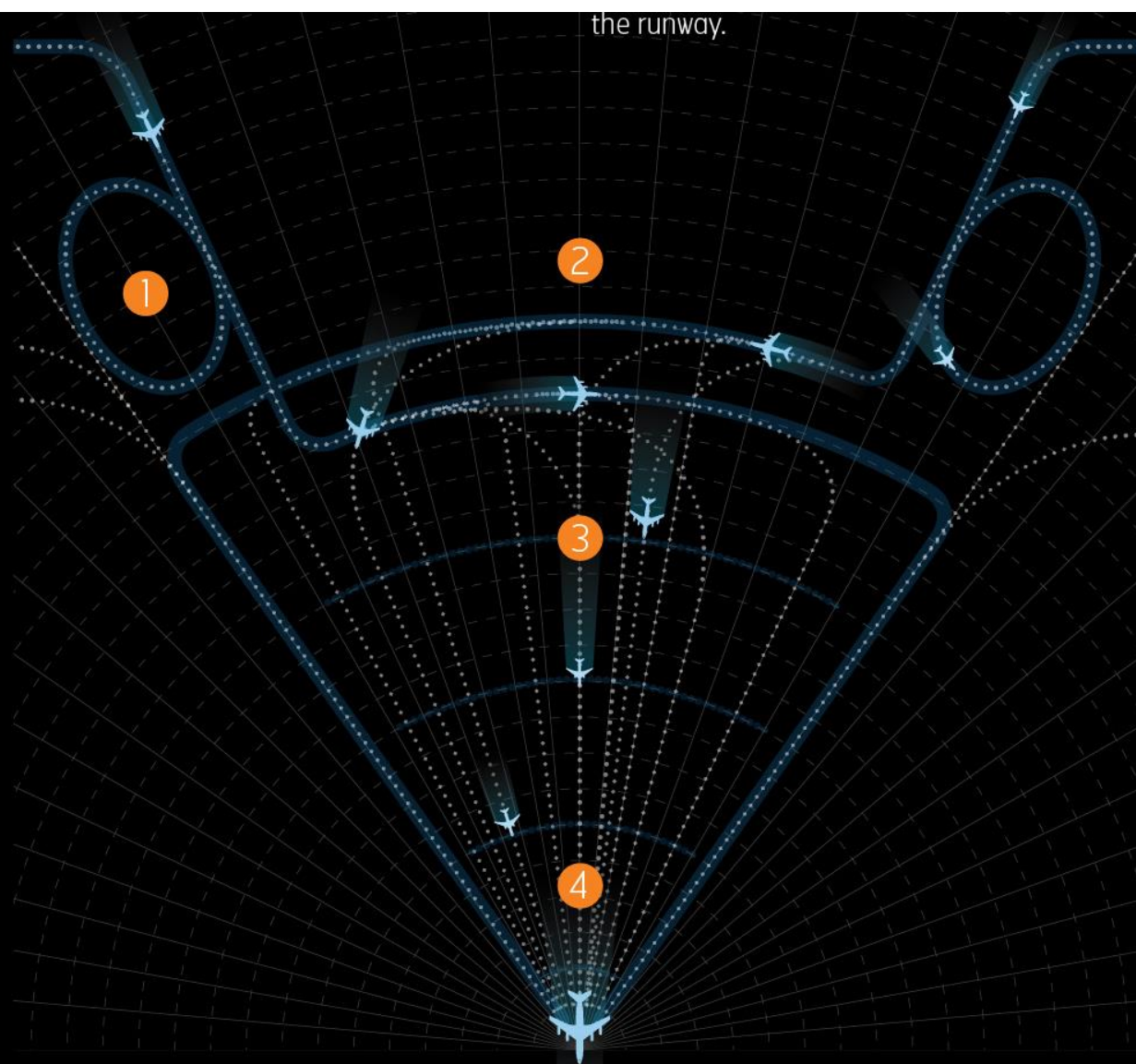


TÉCNICA TROMBÓN

- Waypoints a intervalos fijos a lo largo de la llegada
- Facilita secuenciamiento y predictibilidad ATC (capacidad)
- Disminuye vectores y comunicaciones (capacidad)
- ACFT a bajas altitudes y niveladas (o bajo gradiente)
- Aumento distancias voladas >> menor eficiencia de vuelo



TÉCNICA MERGE POINT



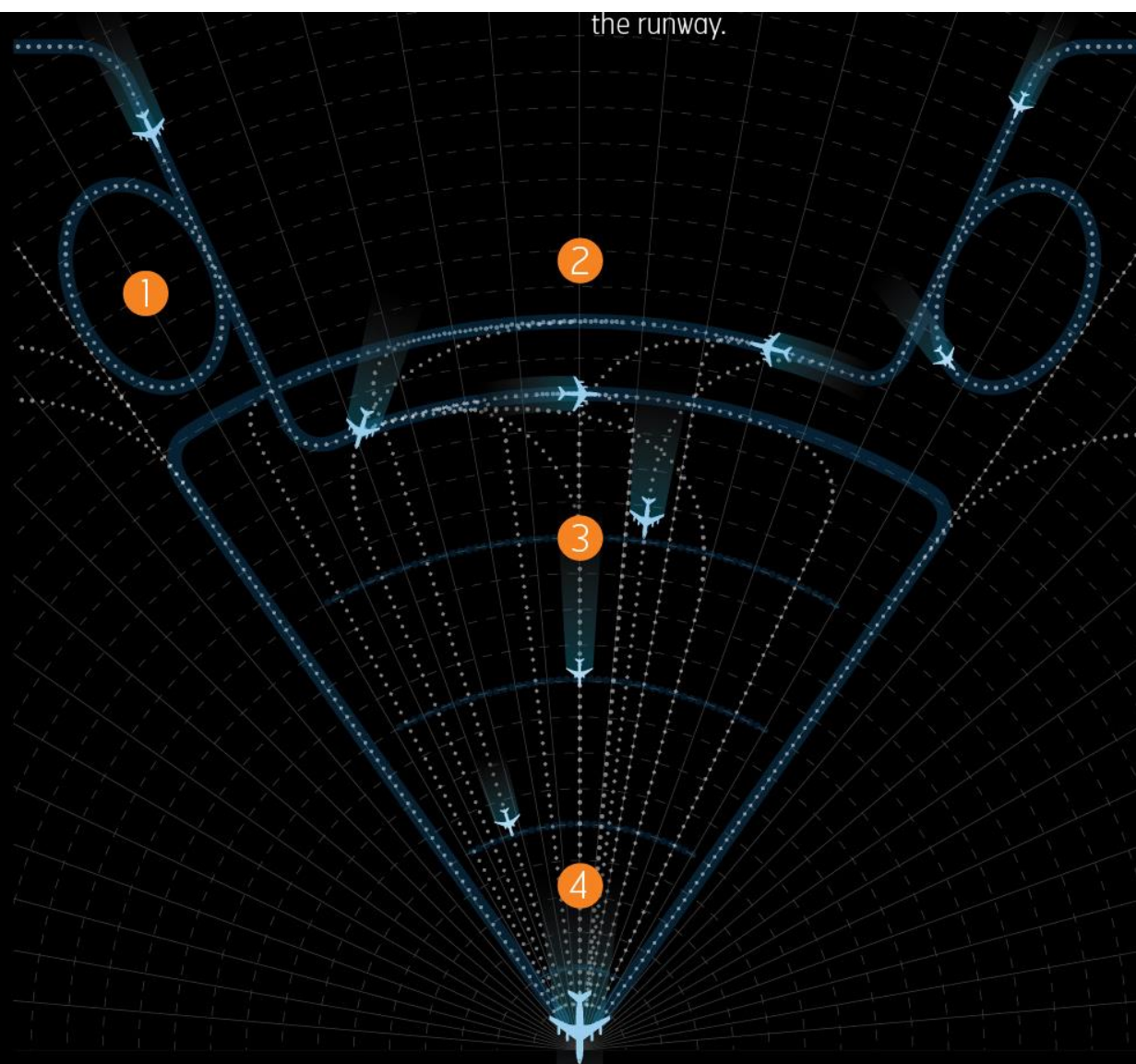
1

Aircraft arrive at the Point Merge arcs on a set route; this goes via a hold if there are more aircraft than a system can accommodate.

2

Aircraft fly the arcs, which are between 15 and 40 nm long, from opposite directions. The arcs are separated vertically by 1,000ft.

TÉCNICA MERGE POINT

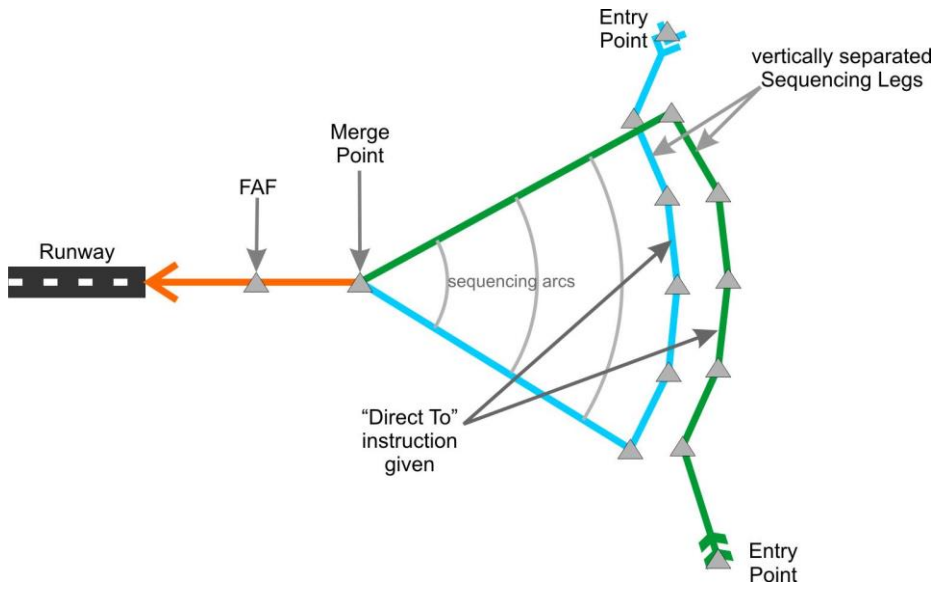


3

When instructed by ATC, aircraft turn towards the Point Merge, this sequencing helps ensure the most efficient use of the runway.

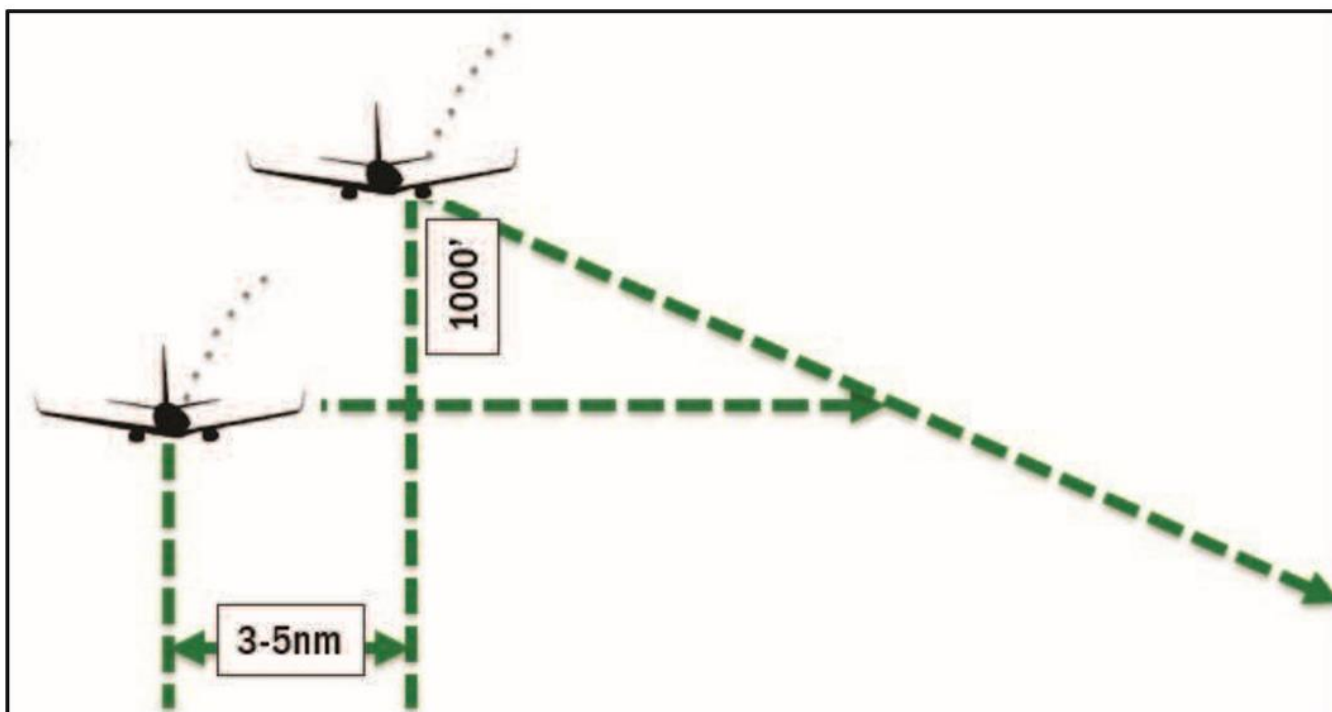
4

The Point Merge is where the routes merge, and aircraft pick up a fixed route to the runway.



TÉCNICA MERGE POINT

- Sequencing leg >> misma distancia del merge point
- Varios sequencing legs >> distancia similar al merge point:
 - Tramo más cercano al merge point >> mayor altitud

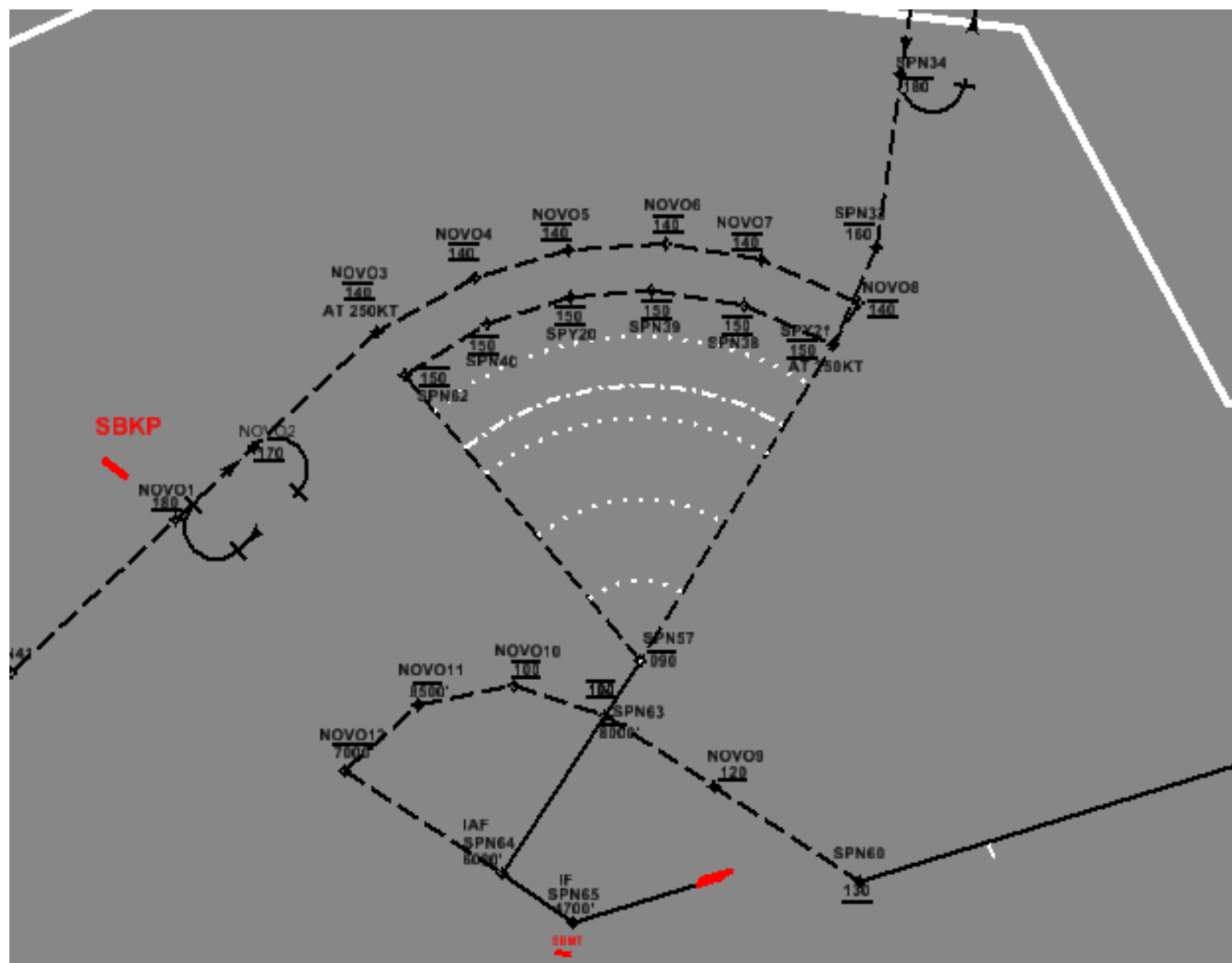


TÉCNICA MERGE POINT

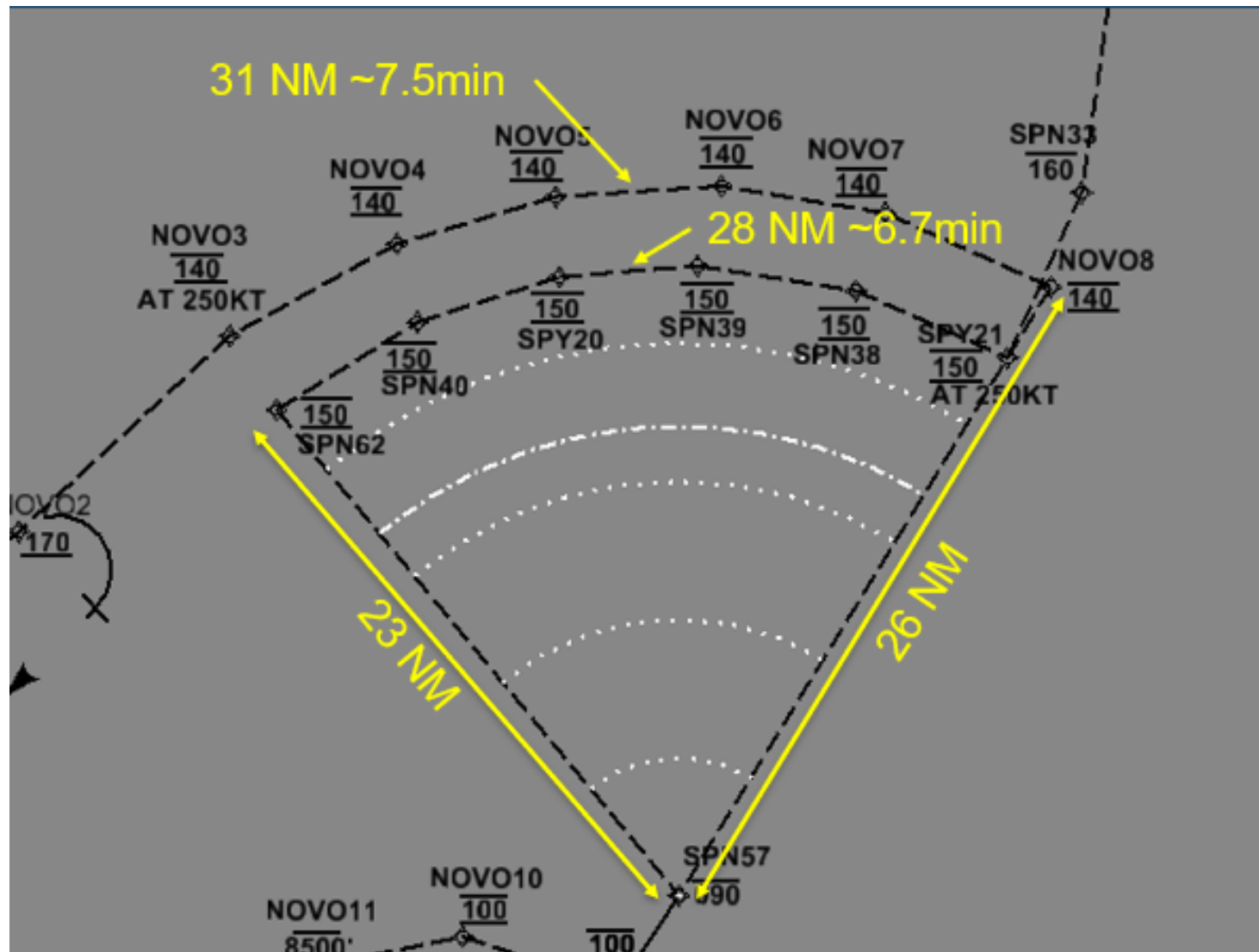
→ Suposiciones de uso:

- Puntos de control en la sequencing leg
- Radios de 5NM en la pantalla radar
- ACFT programada para ingresar a la sequencing leg
 - >> girar al merge point lo antes posible
- Flujo principal en la sequencing leg interna >> prioridad
- Sequencing leg interna hasta el MP ≥ 15 NM
- Separación entre las sequencing legs:
 - 1000 pies y entre 3 y 5 NM lateralmente (al menos)

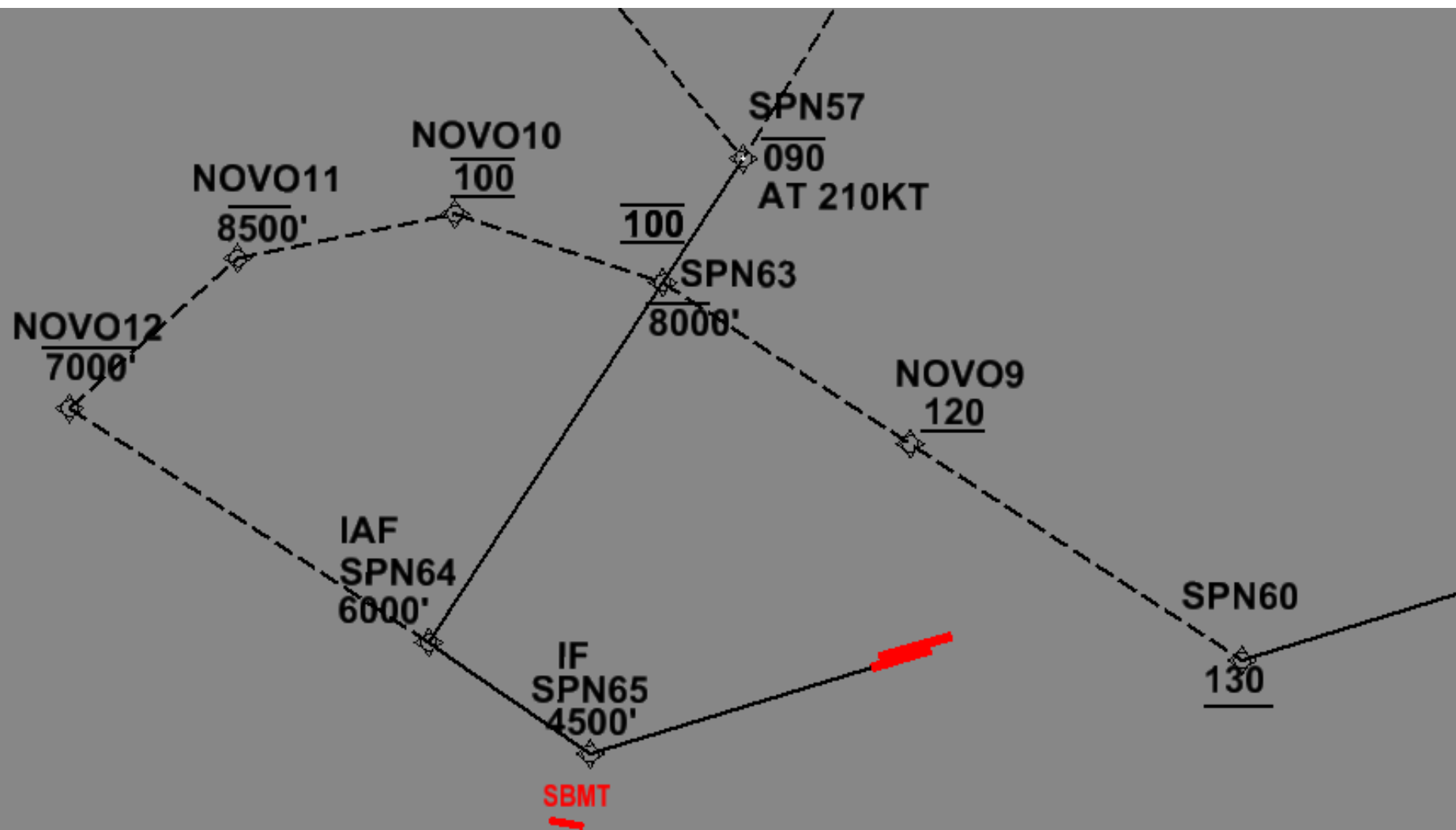
MERGE POINT TMA SP



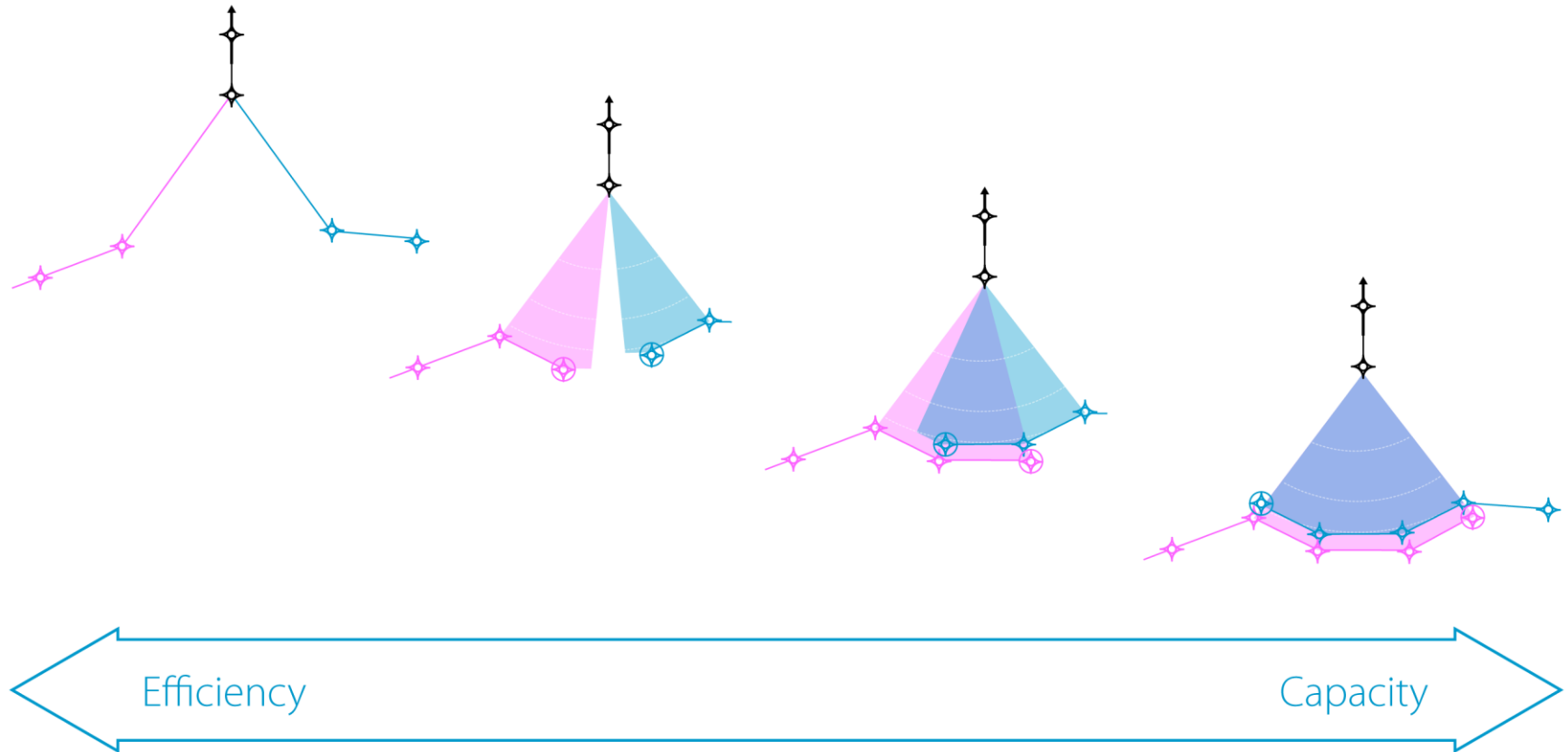
MERGE POINT TMA SP



MERGE POINT TMA SP



TÉCNICA MERGE POINT

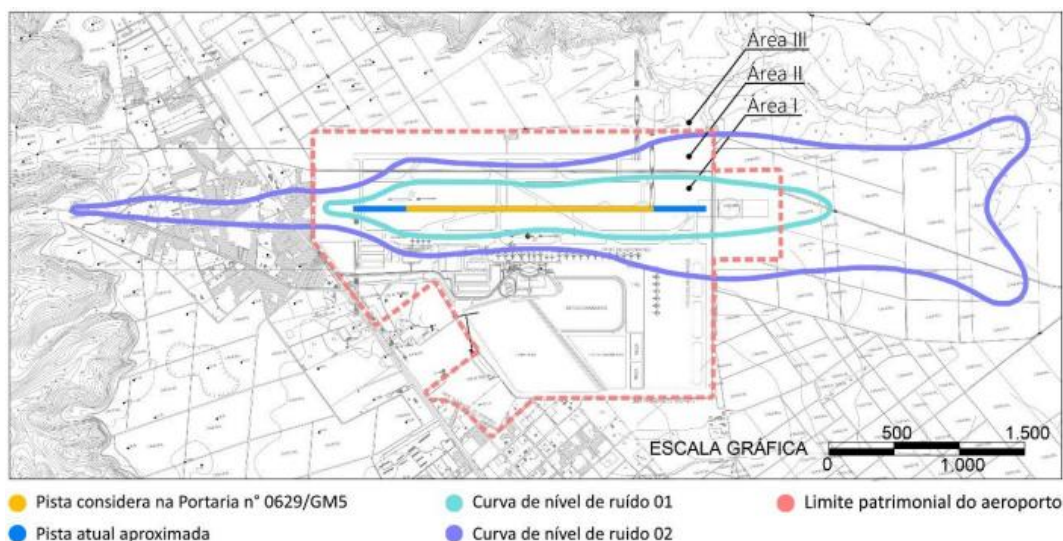


RUIDO DE AERONAVES



RUIDO DE AERONAVES

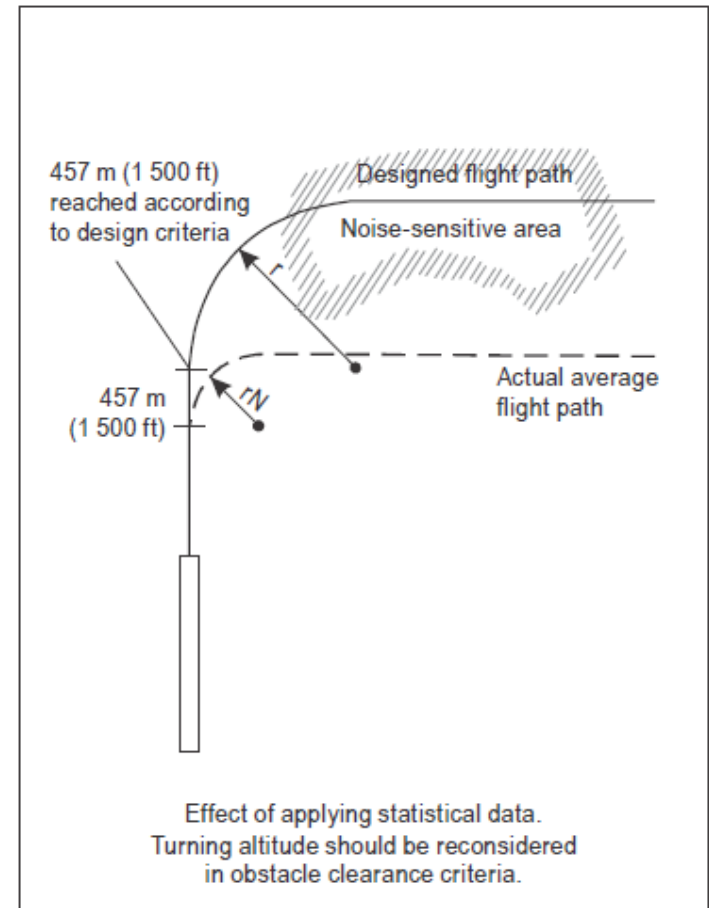
- Desarrollar trayectorias considerando:
 - ❑ Evitar zonas con densidad de población
 - ❑ Topografía: elevaciones altas están más expuestas al ruido
 - ❑ Simulación para evaluar las curvas de ruido alrededor de AD
 - ❑ Solicitar análisis de ruido de aeronaves



RUIDO DE AERONAVES

→ Mitigación de ruido de aeronaves:

- Salidas por altitud
- SID Omnidireccionales
- Salidas distintas por tipo de ACFT
- SID/STAR preferenciales de ruido
- Procedimiento NADP
- Técnicas CCO y CDO
- Alternancia de pistas



RUTAS

RED DE RUTAS **FIJAS**

- Establecerse considerando:
- Versión de la red de rutas de la Región SAM (coordinación)
 - Problemas conocidos (cuellos de botella)
 - Pronósticos de demanda
 - Flujos principales
 - Performance de las aeronaves

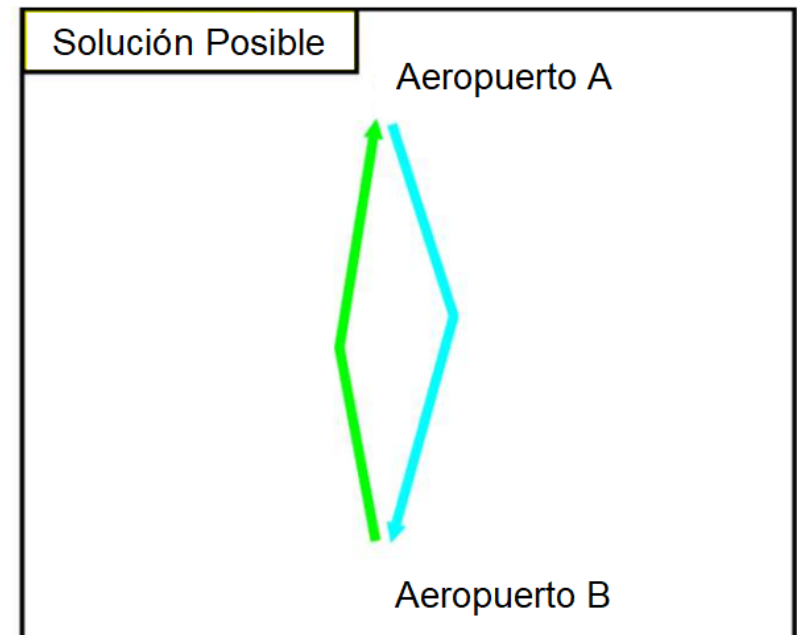
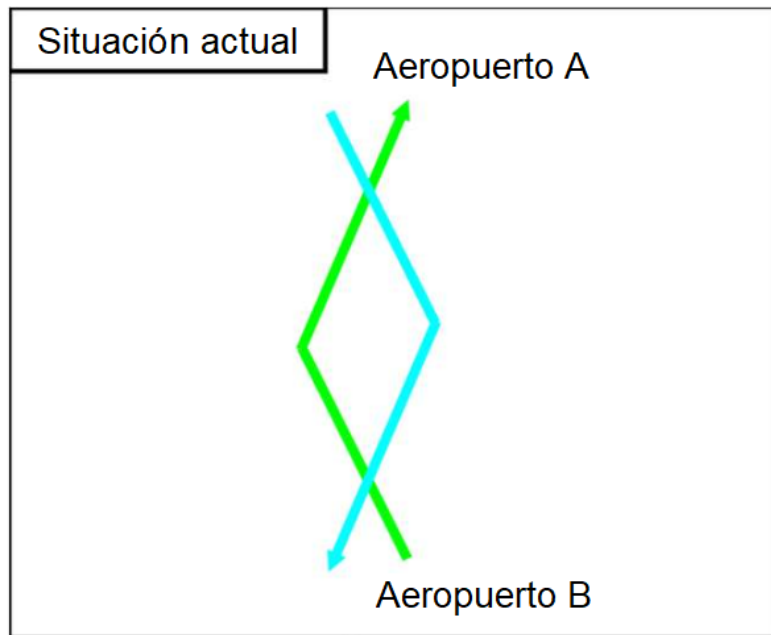
RED DE RUTAS **FIJAS**

- Rutas paralelas y unidireccionales, con flujo dedicado, cuando exista demanda
 - ❑ Ampliar la capacidad de los sectores
 - ❑ Reducir los cruces y la carga de trabajo
 - ❑ Aumentar la seguridad operacional

- Rutas unidireccionales aumentan la distancia volada
 - >> no aplicar con baja densidad de tráfico aéreo

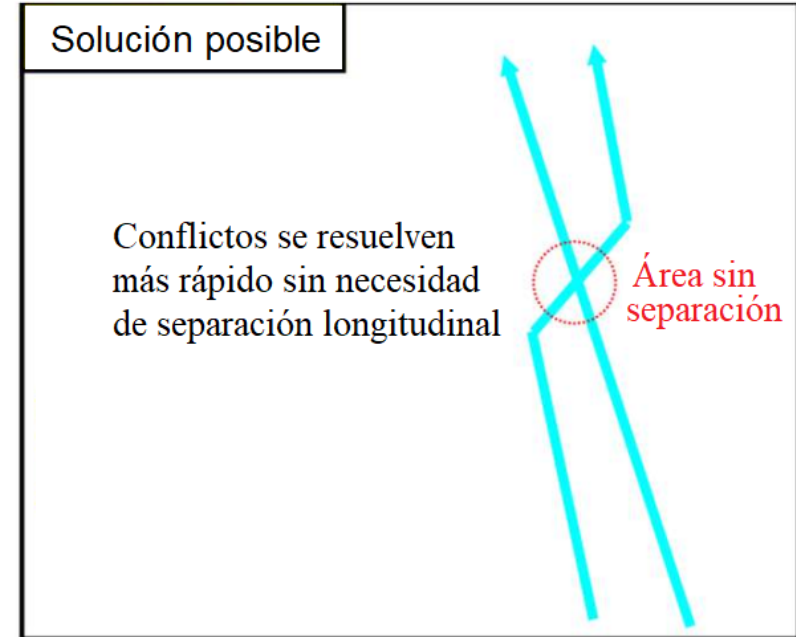
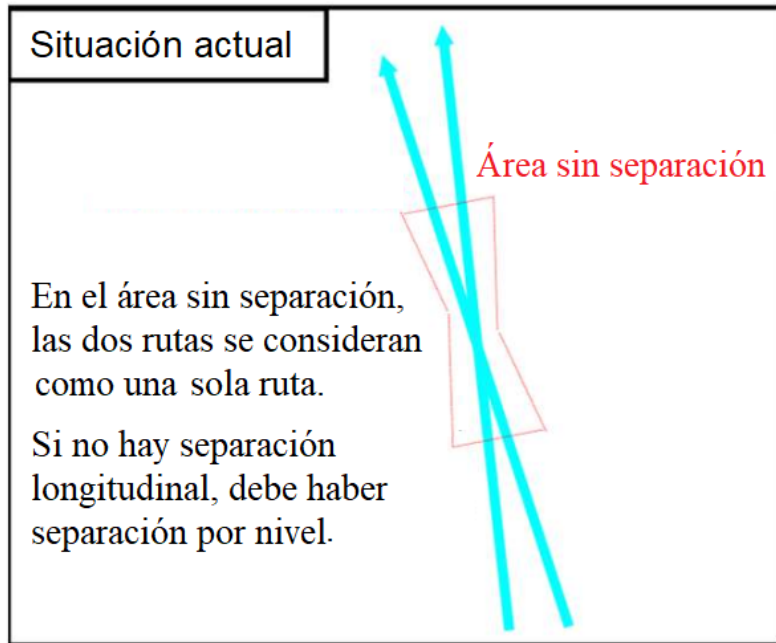
RED DE RUTAS FIJAS

→ Evitar cruces (rutas unidireccionales)



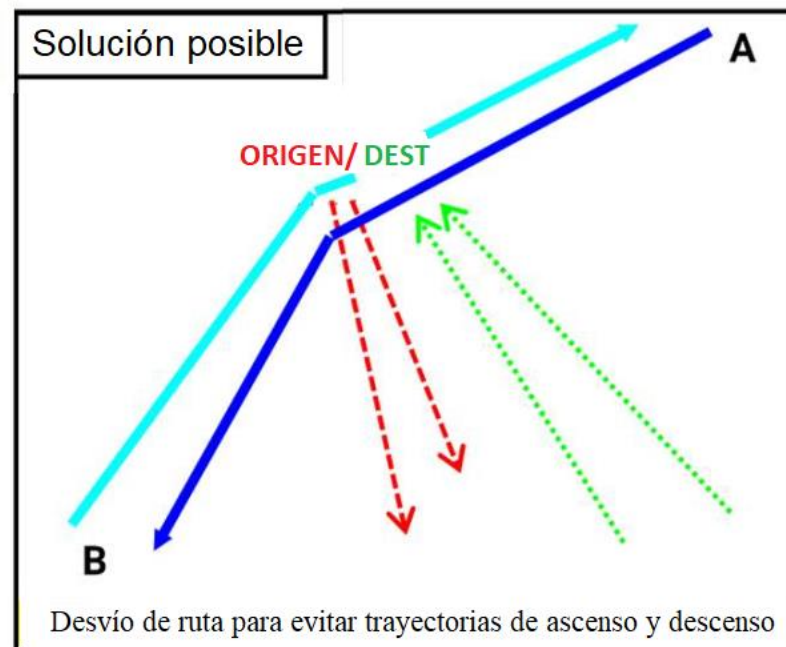
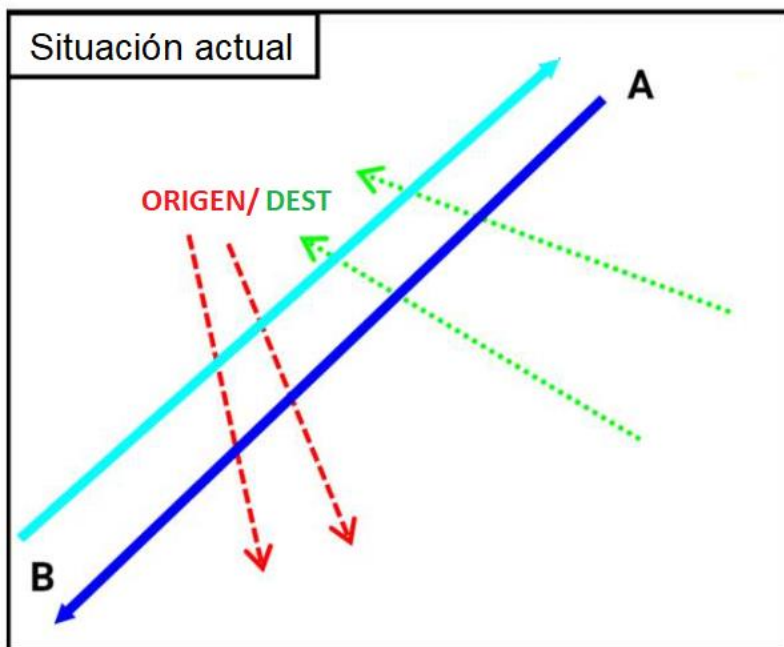
RED DE RUTAS FIJAS

→ Si es necesario el cruce >> pequeña área de cruce



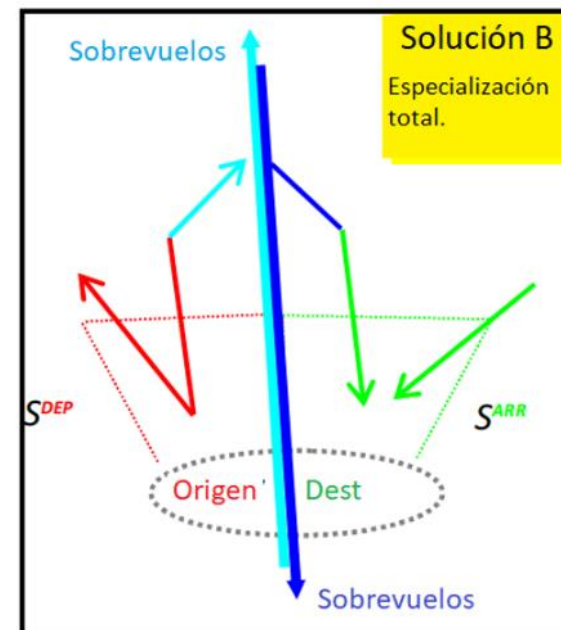
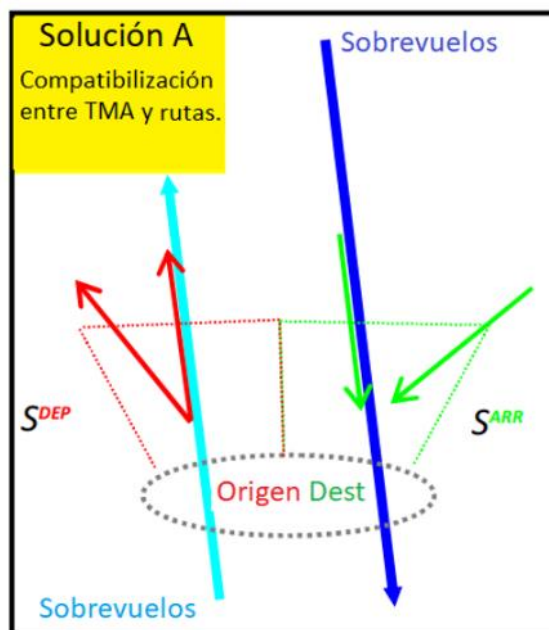
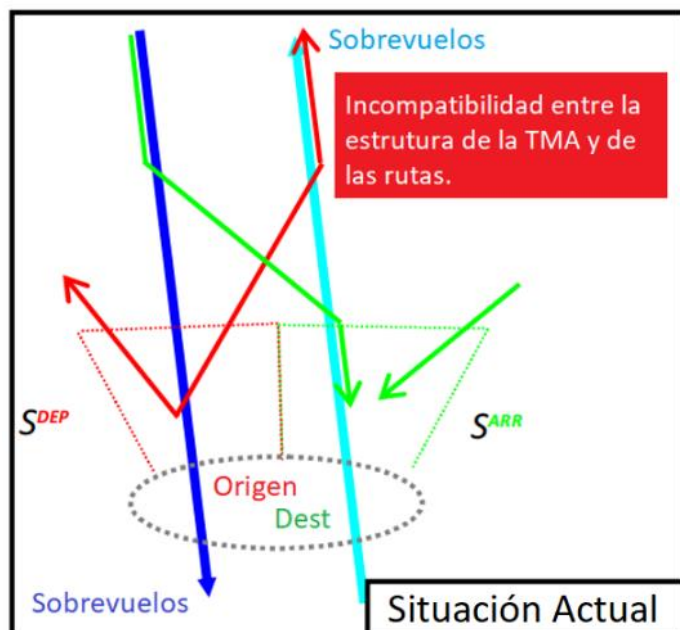
RED DE RUTAS FIJAS

→ Evitar conflictos con SID/STAR



RED DE RUTAS FIJAS

- Rutas “dedicadas” >> alta demanda
- Integración y compatibilización con TMA/rutas/SID/STAR



PRESENTACIÓN

RUTAS DCT (EDE)

- Rutas DCT son opciones de planificación de vuelos para reducción de distancias (ASBU FRTO)
- Escenario alternativo más dinámico y eficiente (depende de ciertos requisitos y de la demanda del tránsito aéreo)
- Requisitos y características:
 - puntos de entrada y salida, puntos intermedios y distancia máxima entre puntos en la ruta DCT, entre otros
 - Límites laterales no necesariamente obedeciendo a los límites de FIR/UIR, sectores ATC o fronteras estatales
 - Espacio aéreo clase “A”
 - Flexibilidad de acuerdo a la demanda

SEPARACIÓN ENTRE TRAYECTORIAS

→ Criterios Generales (utilizando IFP):

- ❑ 13 km (7 NM) entre trayectorias RNAV 1; RNAV 1 y RNP 1; RNAV 1 y RNP APCH; RNAV 1 y RNP AR APCH
 - 8 NM para virajes > 90°
- ❑ 9,3 km (5 NM) entre trayectorias RNP 1; RNP 1 y RNP APCH; RNP 1 y RNP APCH AR
- ❑ Demás casos >> Áreas de protección PANS-OPS

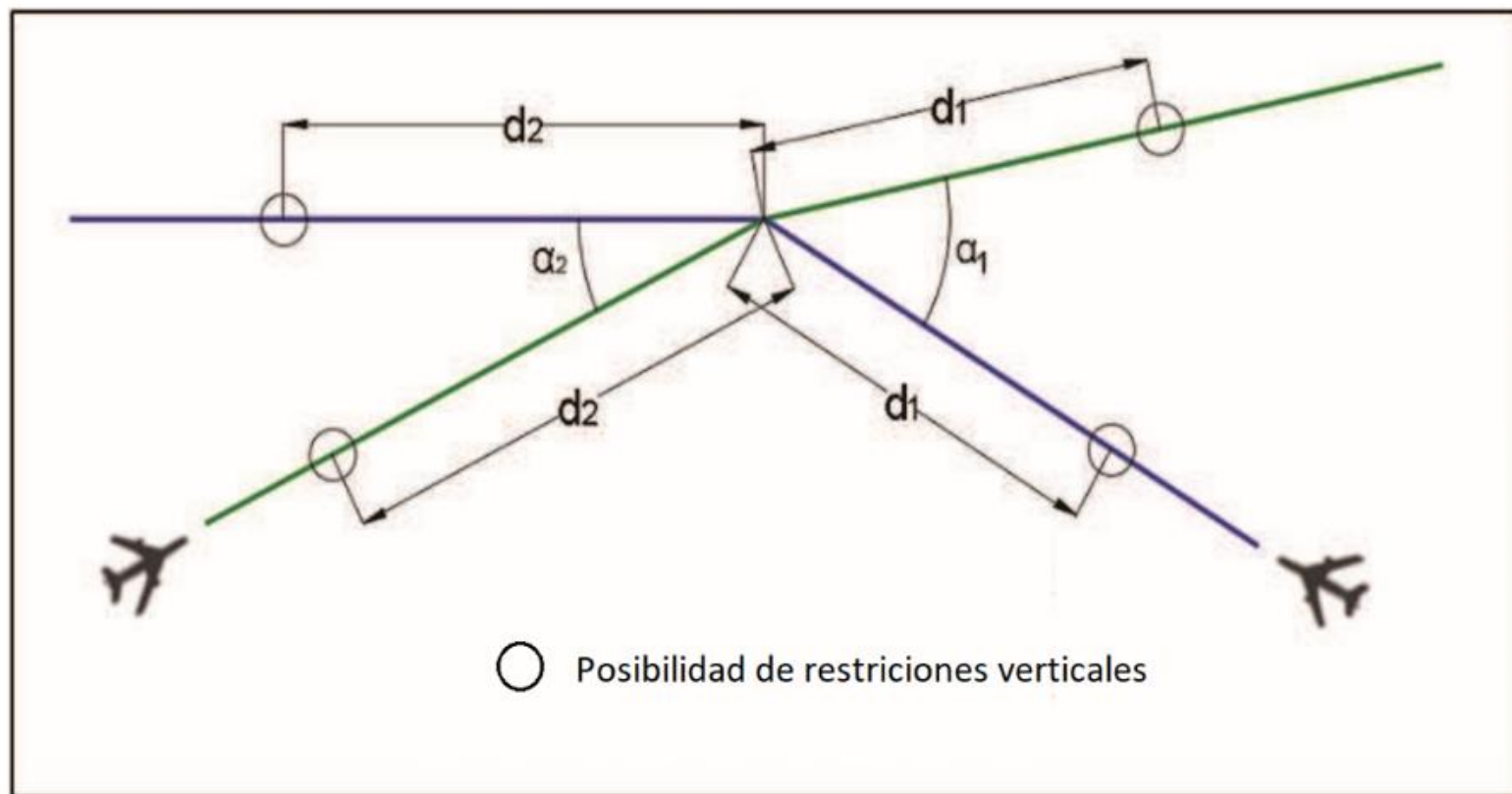
Más detalles >> DOC 4444 (Servicios de Navegación Aérea)

SEPARACIÓN ENTRE TRAYECTORIAS

NAV SPEC	Separación Lateral	Escenarios de Aplicación
RNAV 10	50 NM	EA oceánicas y continentales remotos
RNAV 5	18 NM	Trayectorias paralelas (rutas/STAR)
RNAV 5	16,5 NM	Trayectorias paralelas (rutas/STAR) dedicadas/ unidireccionales
RNAV 5	10 NM	Trayectorias paralelas (rotas/STAR) dedicadas con vigilancia ATS

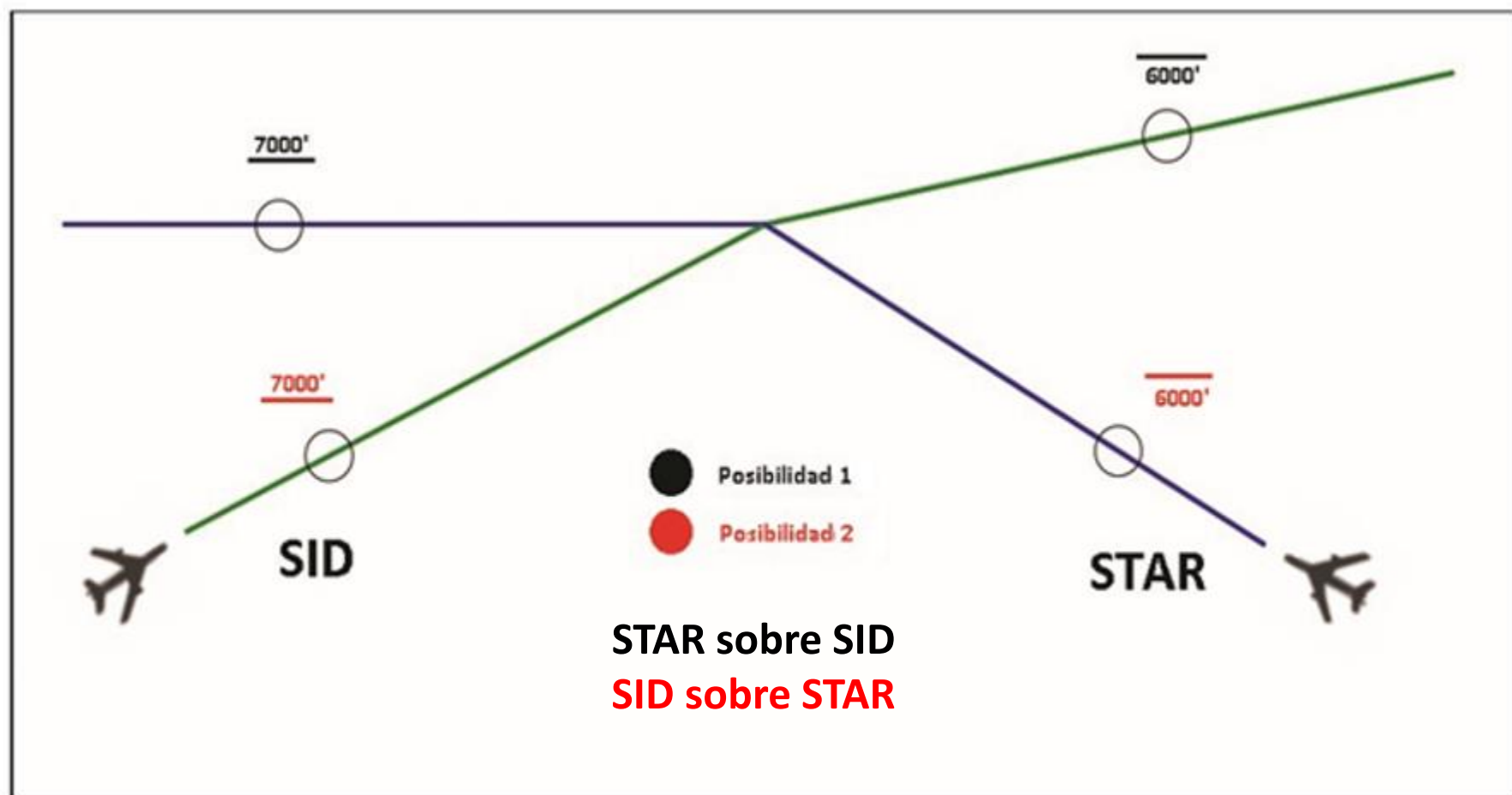
Más detalles >> DOC 9613, DOC 4444 y DOC 9689

SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS/SALIDAS



$$d = \frac{(\text{separación lateral regulamentaria})}{\sin(\alpha)}$$

SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS/SALIDAS



SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS/SALIDAS

- Intersecciones cercanas a los 90°
- Cruces SID sobre STAR:
 - >> aumentar la distancia CP + gradiente factible
- Autoridad aeronáutica >> diferentes parámetros

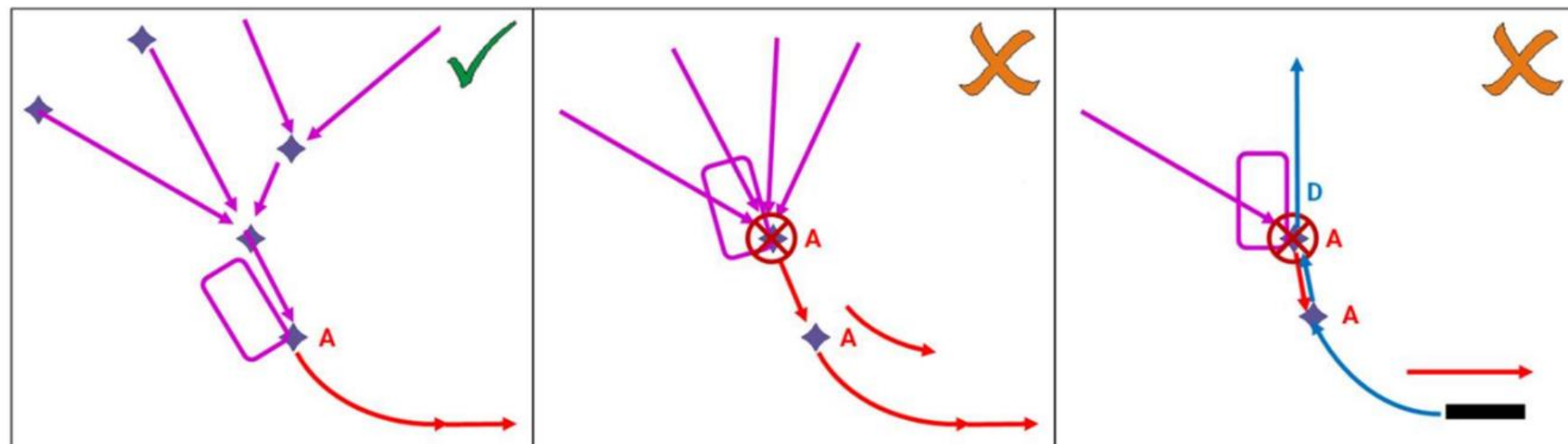
SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS/SALIDAS

ESPERAS

- Ubicación colaborativa entre los usuarios del EA
- No ingresar en otro espacio aéreo (SUA también)
- No interferir con otras trayectorias
- NO aumentar la complejidad
- Interfaz colaborativa entre sectores adyacentes o entre el ambiente en ruta y el ambiente TMA
- Permanecer igual independientemente de la pista en uso

SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS/SALIDAS

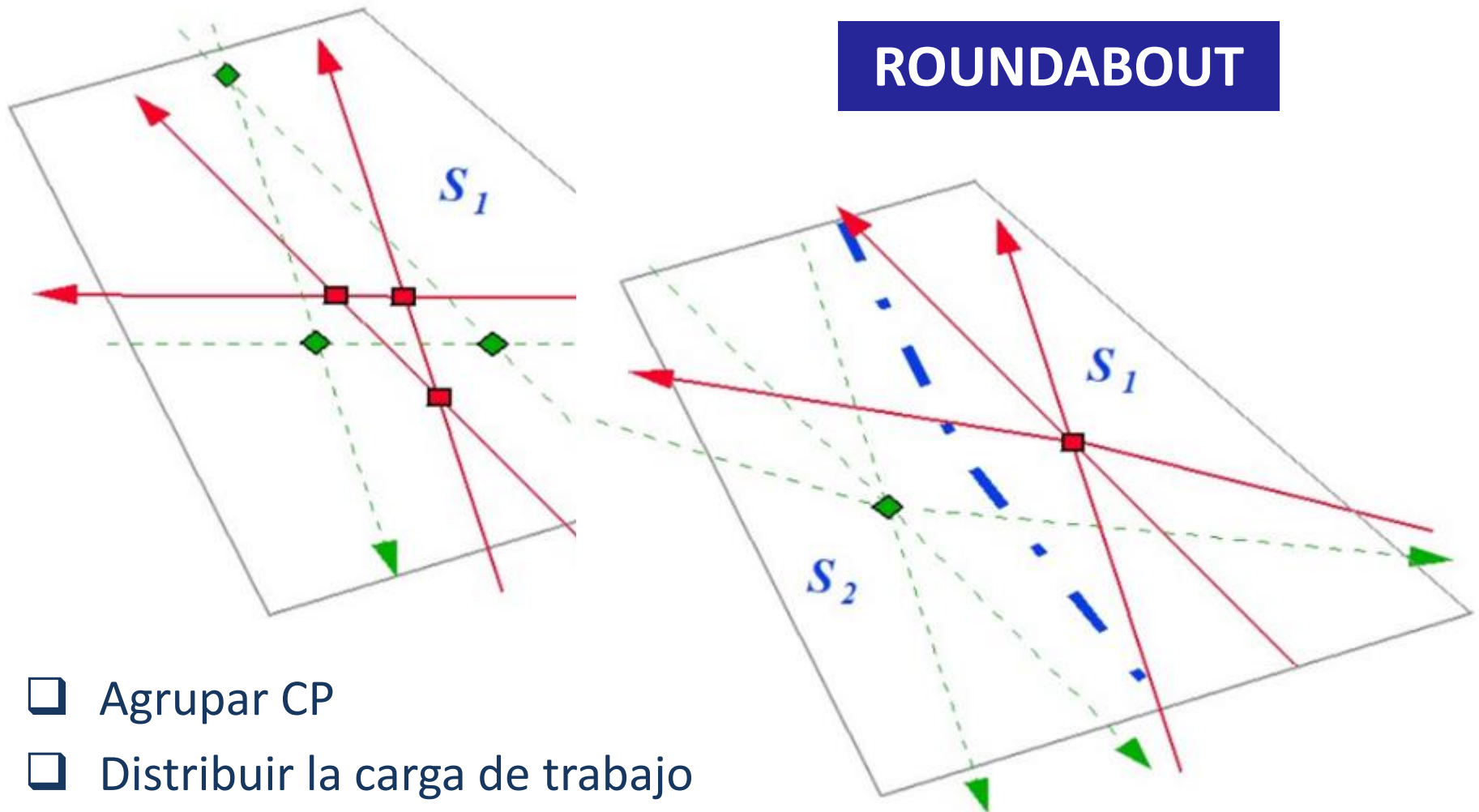
ESPERAS



- Esperas en puntos estratégicos (antes de la TMA):
- mantener constante la carga de trabajo del ATCO
 - alternativa a la resolución de conflictos a nivel táctico
 - permitir ajustes y secuenciamientos

SEPARACIÓN ENTRE RUTAS

ROUNDABOUT



- Agrupar CP
- Distribuir la carga de trabajo
- Aumentar la capacidad

FIN

FERNANDES JÚNIOR
e-mail: juniorcta@gmail.com