

# Vuelo por Instrumentos

## PBN

Licencia de piloto comercial de avión  
con HVI

Ciclo 2024



# **PBN**

Performance Based Navigation  
(Navegación basada en la performance)  
en lugar de radioayudas

El cual incluye:

- RNAV (Area Navigation)
- RNP (Required Navigation Performance)

Doc 9613  
AN/937



# **Manual de navegación basada en la performance (PBN)**

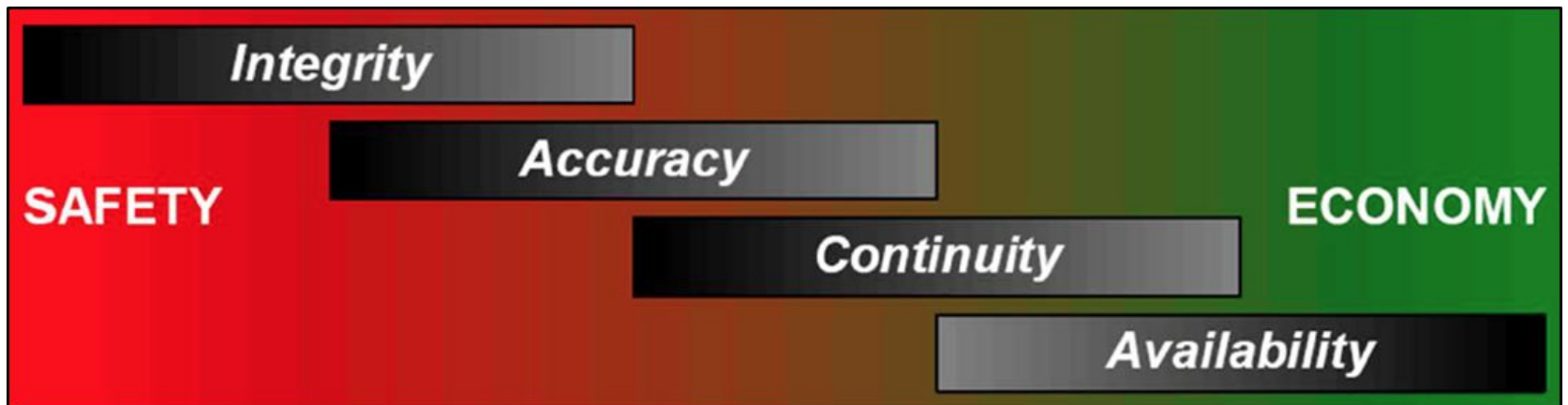
Aprobado por el Secretario General  
y publicado bajo su responsabilidad

Tercera edición — 2008

Organización de Aviación Civil Internacional

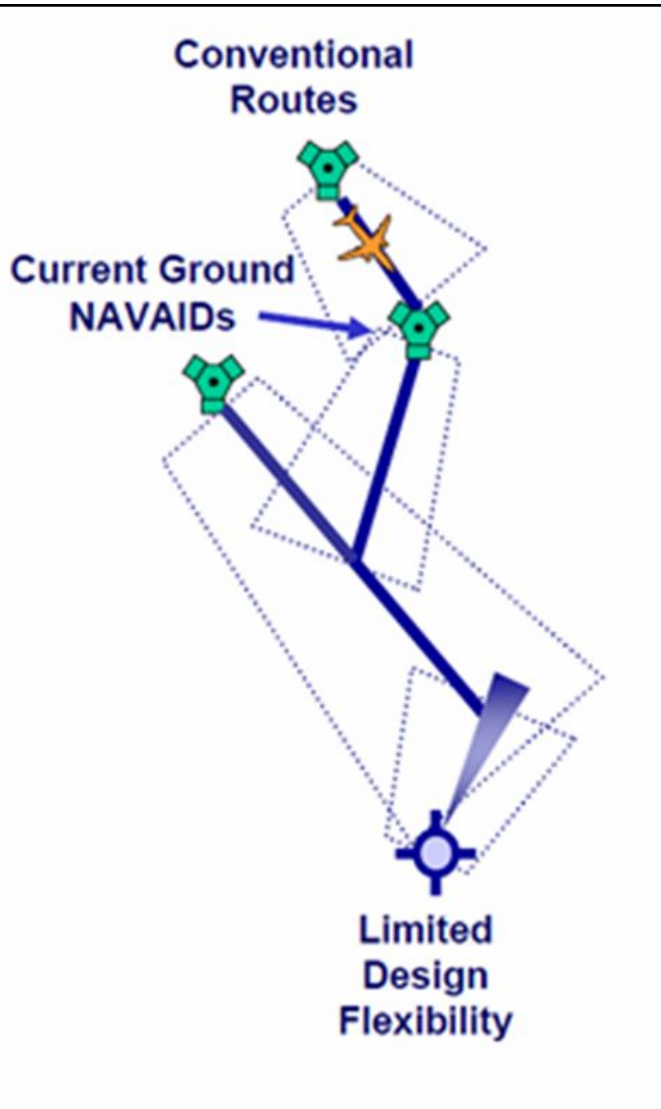
# Definiciones

- El concepto **PBN** especifica que la performance del sistema RNAV sea definida en términos de:
- **INTEGRIDAD (Integrity)**
- **PRECISION (Accuracy)**
- **CONTINUIDAD (Continuity)**
- **DISPONIBILIDAD (Availability)**



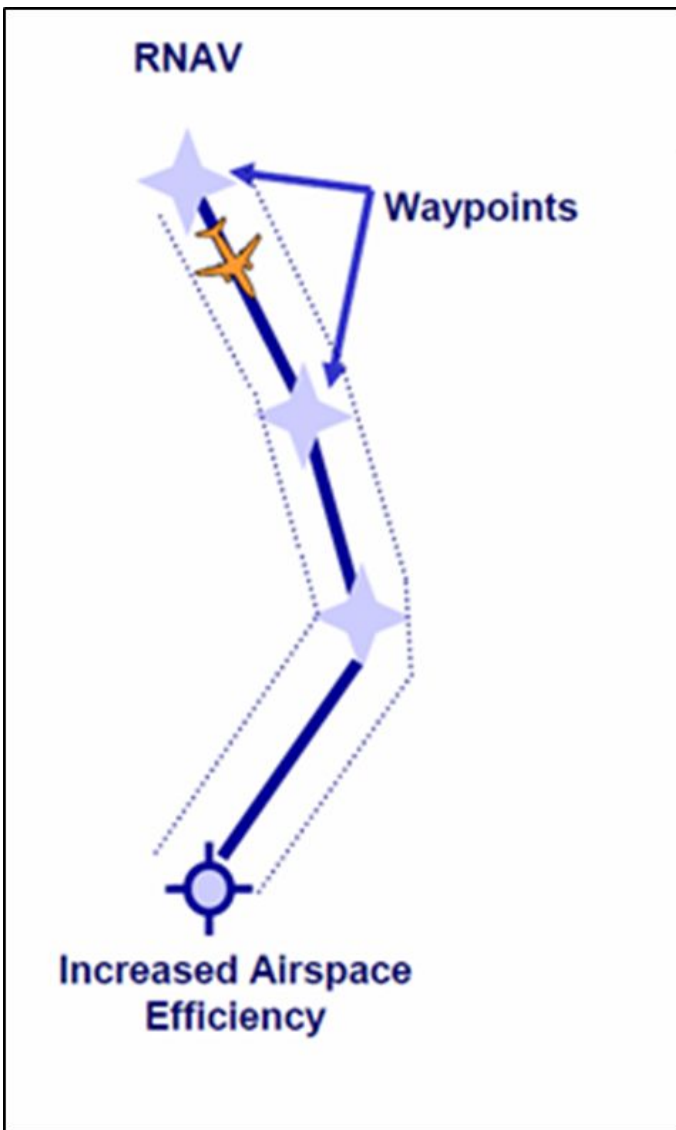
- **Integridad:** Medida de la confianza puesta en la validez de la información (p.ej.: precisión de navegación), proporcionada por el sistema total (incluyendo la función de navegación y guiado - p.ej.: autopiloto). La integridad comprende la habilidad de un sistema supervisor para proporcionar a tiempo alertas que adviertan cuándo el sistema no debe ser utilizado para la operación.
- **Precisión:** Es una característica física intrínseca al sistema de navegación. Suele definirse como la diferencia entre la posición estimada y la posición real, y se expresa de forma estadística como un determinado percentil en la distribución (típica) de errores.
- **Continuidad:** Capacidad del sistema para realizar su función (p.ej.: proporcionar la precisión demandada con la requerida integridad), en ausencia de interrupciones no programadas. En términos RNP, la continuidad no es más que un tiempo medio entre interrupciones no programadas de disponibilidad.
- **Disponibilidad:** Probabilidad de que el sistema sea capaz de proporcionar la precisión requerida (con los correspondientes valores de integridad y continuidad) en la operación deseada.

# Navegación convencional



- Asociado a radioayudas (NavAids)
- El avión debe sobrevolar la misma o el punto de intersección de dos radiales
- Grandes Áreas de evaluación lo que limita su flexibilidad.

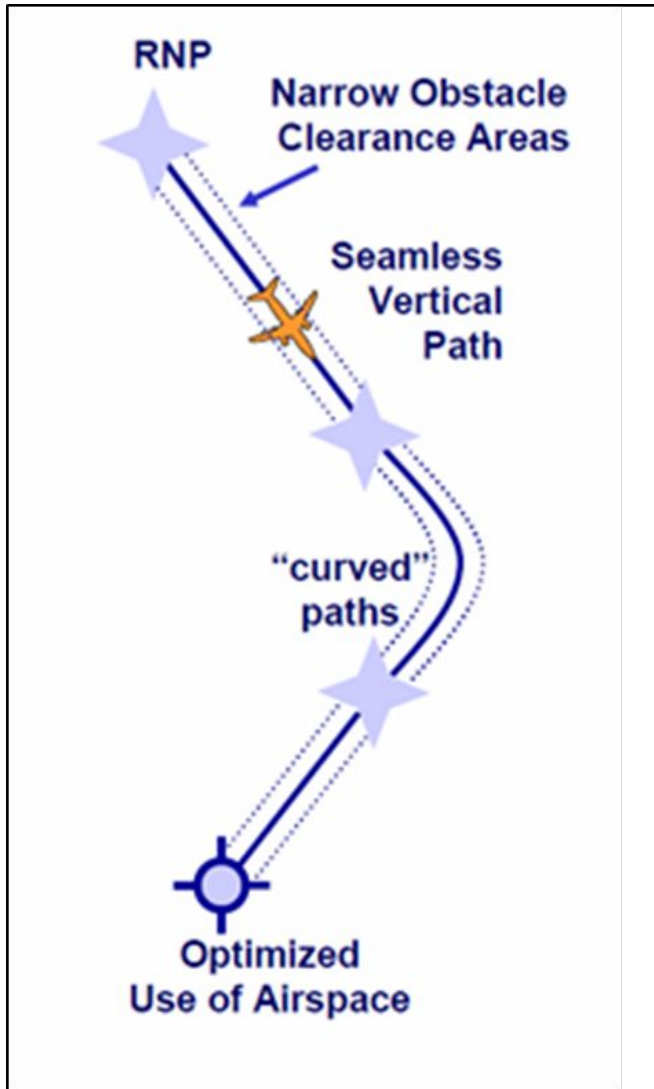
# RNAV Area Navigation



- Rutas más lineales / directas.
- Áreas de evaluación constantes lo que mejora la flexibilidad en el diseño.
- Mejor eficiencia del espacio aéreo (usualmente STAR y RUTA, estar dentro del track requerido el 95% del tiempo)
- Requiere monitoreo externo, es decir control radar
- Permite a los aviones volar la ruta basados en:
  - Radioayudas.
  - Sistemas autónomos.
  - GNSS
  - Combinación de ellos.

# RNP

## Required Navigation Performance



- RNP es RNAV más un sistema con capacidad de monitoreo y alerta a bordo (RAIM) esta diseñado para espacios aéreos si radar
- Esto permite a los pilotos aumentar su alerta situacional.
- Permite reducir áreas de franqueamiento de obstáculos (orografía)
- Permite tramos curvos. También llamados RF o Radius to Fix.
- No es necesario la intervención del ATC mediante el uso de radares de vigilancia.
- Basado en multi-sensores de distintas constelaciones (GPS o GLONASS).
- Se usa en SID (1.0) STAR (1.0) RUTA (5.0 selectable) IAC(0.3) (NM del track el 99.9999%)

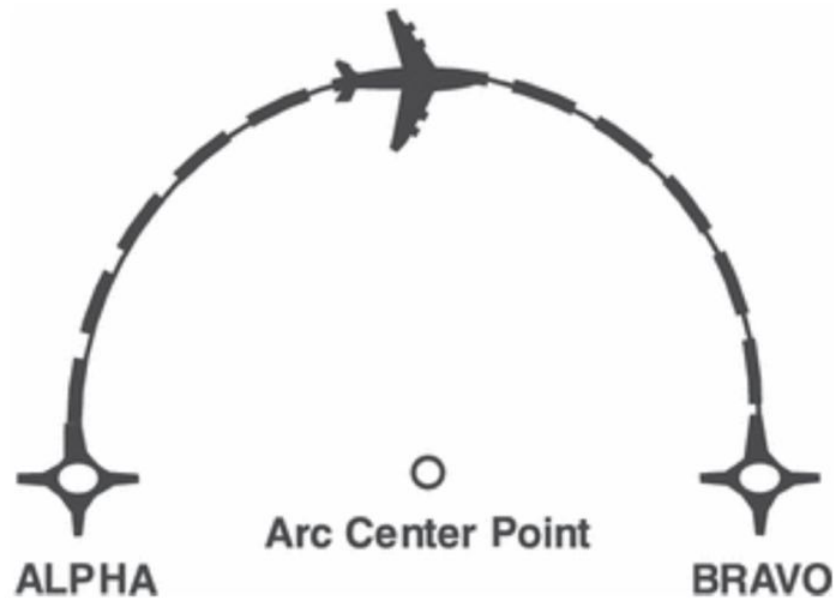


# Radius to FIX

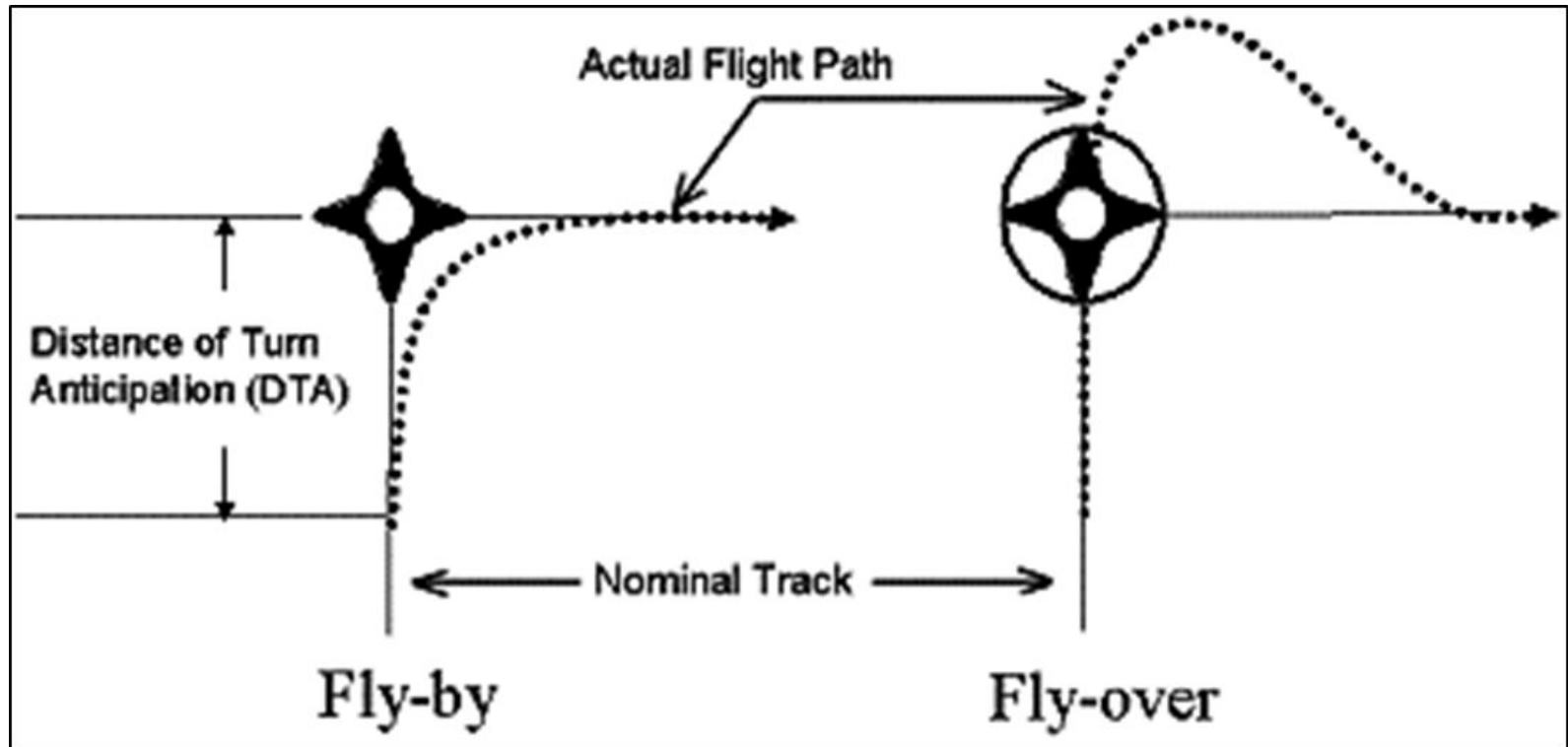
- (4) **Radius to Fix.** A Radius to Fix (RF) leg is defined as a constant radius circular path around a defined turn center that terminates at a fix. See FIG 1-2-6.

**FIGURE 1-2-6**

Radius to Fix Leg Type

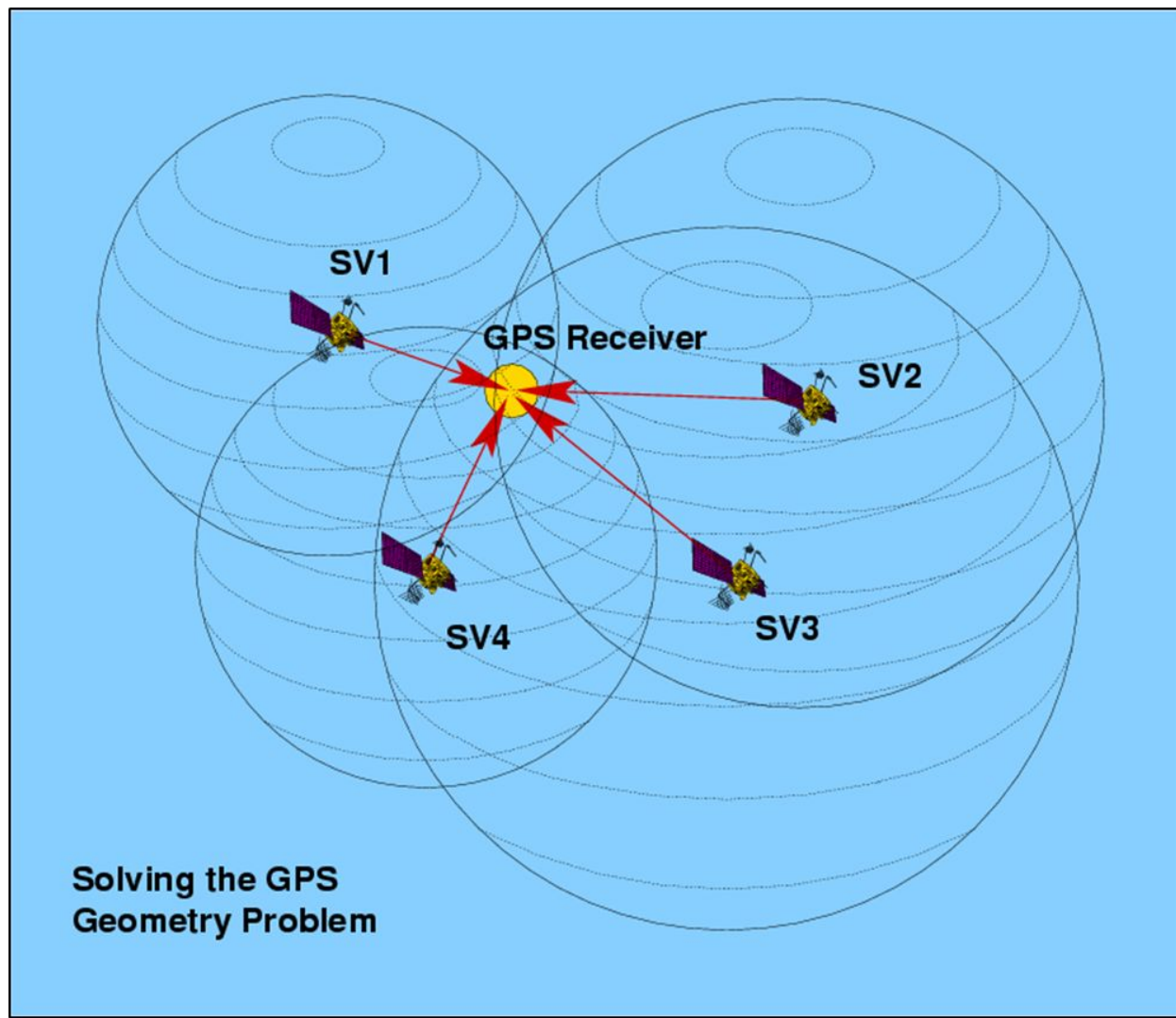


# FLY BY- FLY OVER



# Funcionamiento GNSS

- <https://www.youtube.com/watch?v=8tL-UBNsCv8>



## ICAO ANNEX 10

### **GNSS:** Global Navigation Satellite System

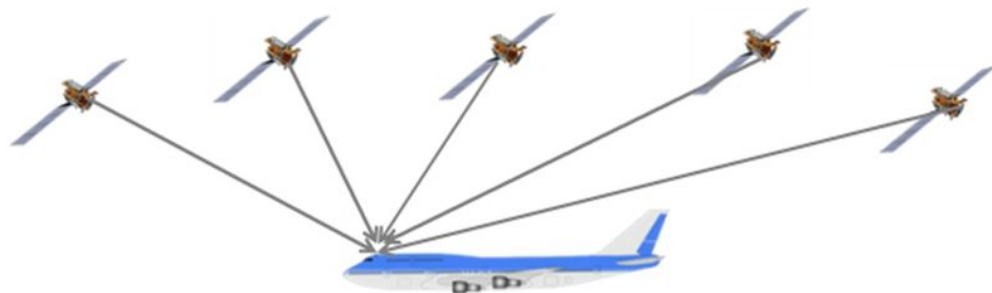
A worldwide position and time determination system that includes one or more ***satellite constellations, aircraft receivers*** and system integrity monitoring, ***augmented*** as necessary to support the required navigation performance for the intended operation.

### **GPS:** Global positioning system

The satellite navigation system operated by the United States.

# RAIM

- **Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM)** is a technique used within a GPS receiver/processor to monitor GPS signal performance. This integrity determination is achieved by a consistency check among redundant measurements



El sistema RAIM detecta el fallo de la señal de un **satélite** de una constelación GNSS comparando la información sobre la posición y tiempo obtenida de diversas combinaciones de cuatro satélites en un conjunto de por lo menos cinco satélites visibles. De esta manera, puede detectarse un satélite defectuoso. Algunos receptores pueden dar una advertencia al piloto

- RAIM — requires 5 satellites in view (1 extra) to provide the extra geometry needed to check the integrity of each satellite being used.
- Predictive RAIM — Uses almanac data or NOTAMS to determine in advance if any satellites should be excluded.
- Fault Detection and Exclusion (FDE) — With an additional satellite, an FDE system can not only detect but can automatically exclude a failed satellite. FDE is required for oceanic or remote operations.

# Ejemplo de NOTAM de Perdida de RAIM

**ARG 1614/03 AUG/AEP-CPC**    OFP: 07/00/0    OFP Rev: 19    Page 13/37

\*\*\*\*\* NO OUTAGES \*\*\*\*\*

RAIM PREDICTION APPROACH MODE OUTAGES

04 AUG 2017 00:55:30 UTC 04 AUG 2017 01:03:30 UTC 00:08:00

RAIM PREDICTION(RNP-AR) ARRIVAL MODE OUTAGES RNP 0.2

03 AUG 2017 19:08:30 UTC 03 AUG 2017 19:14:30 UTC 00:06:00

03 AUG 2017 22:44:30 UTC 03 AUG 2017 23:14:30 UTC 00:30:00

04 AUG 2017 00:45:30 UTC 04 AUG 2017 01:52:30 UTC 01:07:00

04 AUG 2017 01:57:30 UTC 04 AUG 2017 02:03:30 UTC 00:06:00

RAIM PREDICTION(RNP-AR) ARRIVAL MODE OUTAGES RNP 0.3

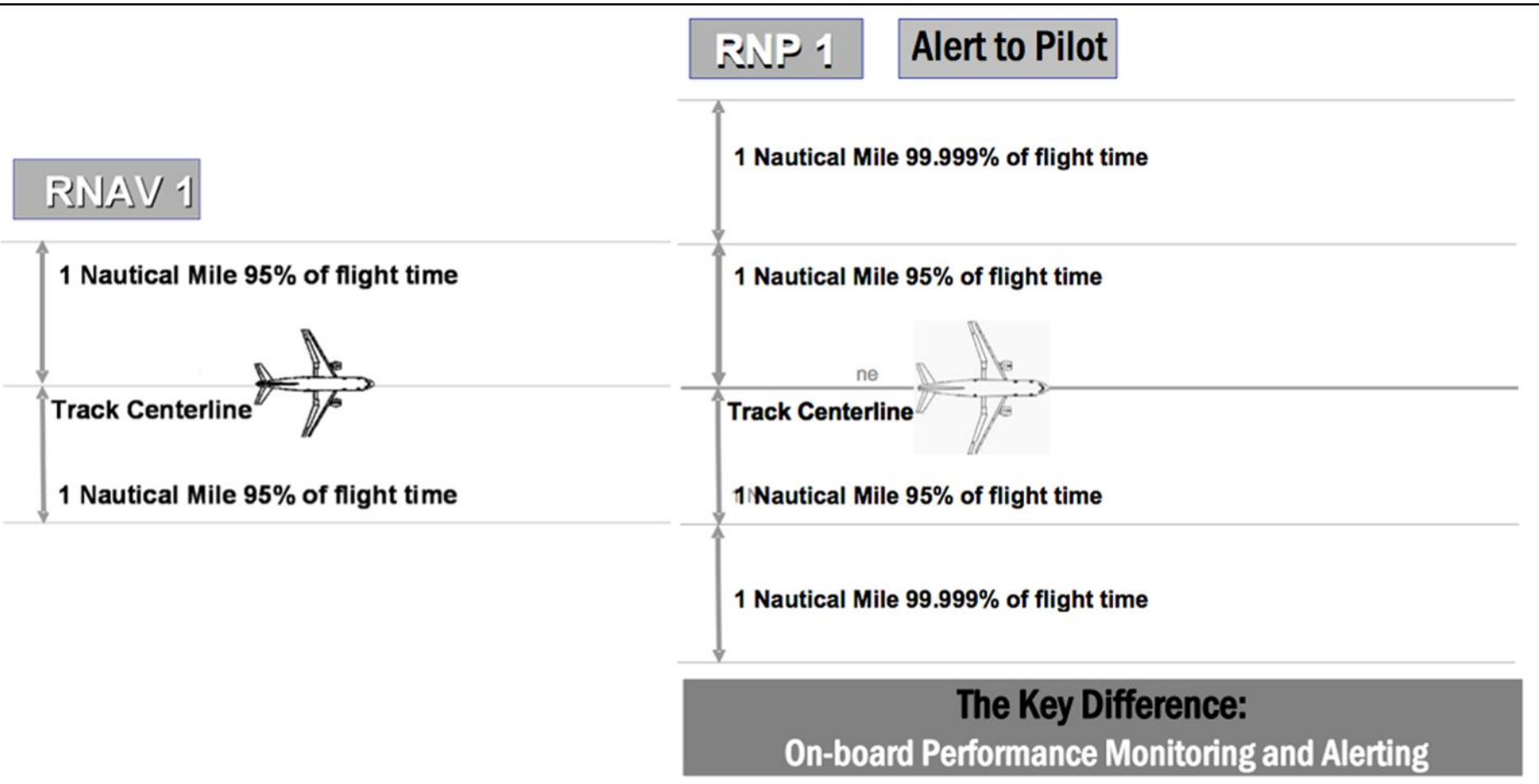
03 AUG 2017 22:50:30 UTC 03 AUG 2017 22:52:30 UTC 00:02:00

04 AUG 2017 00:54:30 UTC 04 AUG 2017 01:03:30 UTC 00:09:00

04 AUG 2017 01:57:30 UTC 04 AUG 2017 02:04:30 UTC 00:07:00

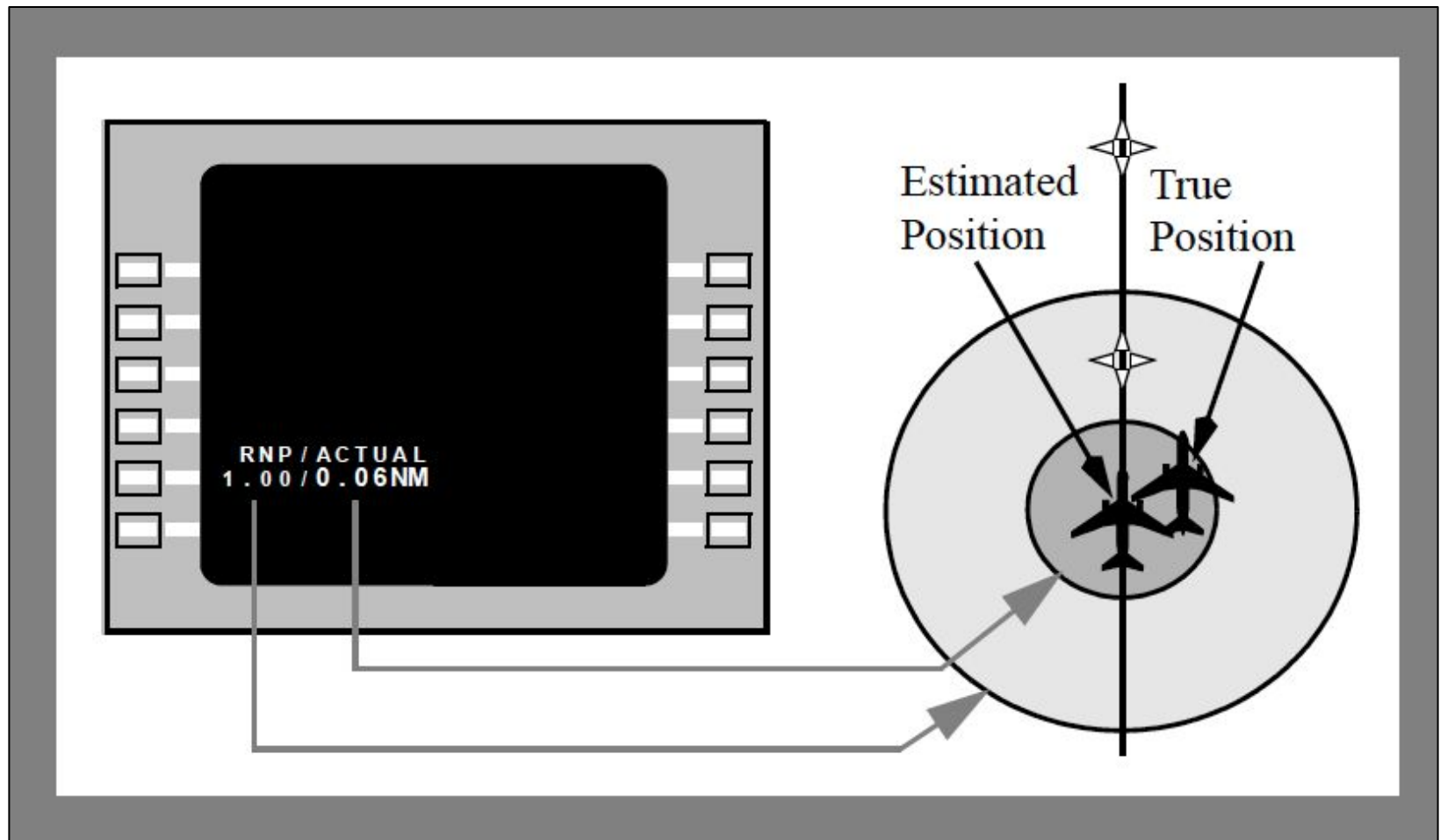
---

# RNAV vs RNP



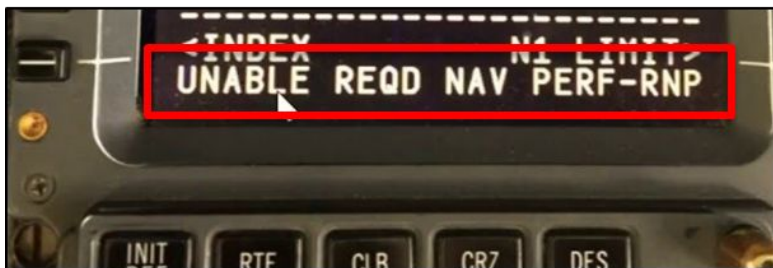


# RNP vs ANP: Precisión Requerida vs Precisión Actual





## BOEING

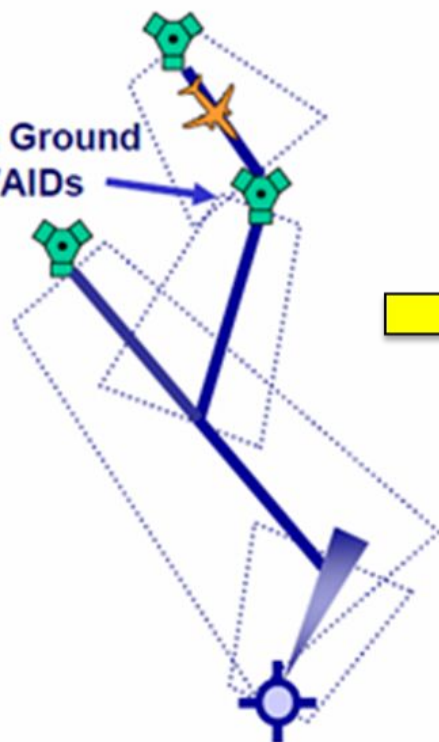


# Beneficios



### Conventional Routes

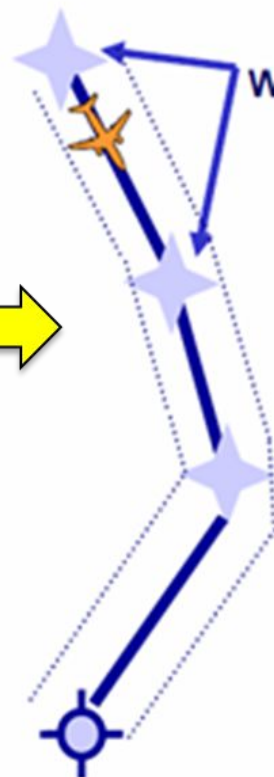
Current Ground  
NAVAIDs



Limited  
Design  
Flexibility

### RNAV

Waypoints



Increased Airspace  
Efficiency

### RNP

Narrow Obstacle  
Clearance Areas

Seamless  
Vertical  
Path

"curved"  
paths



Optimized  
Use of Airspace

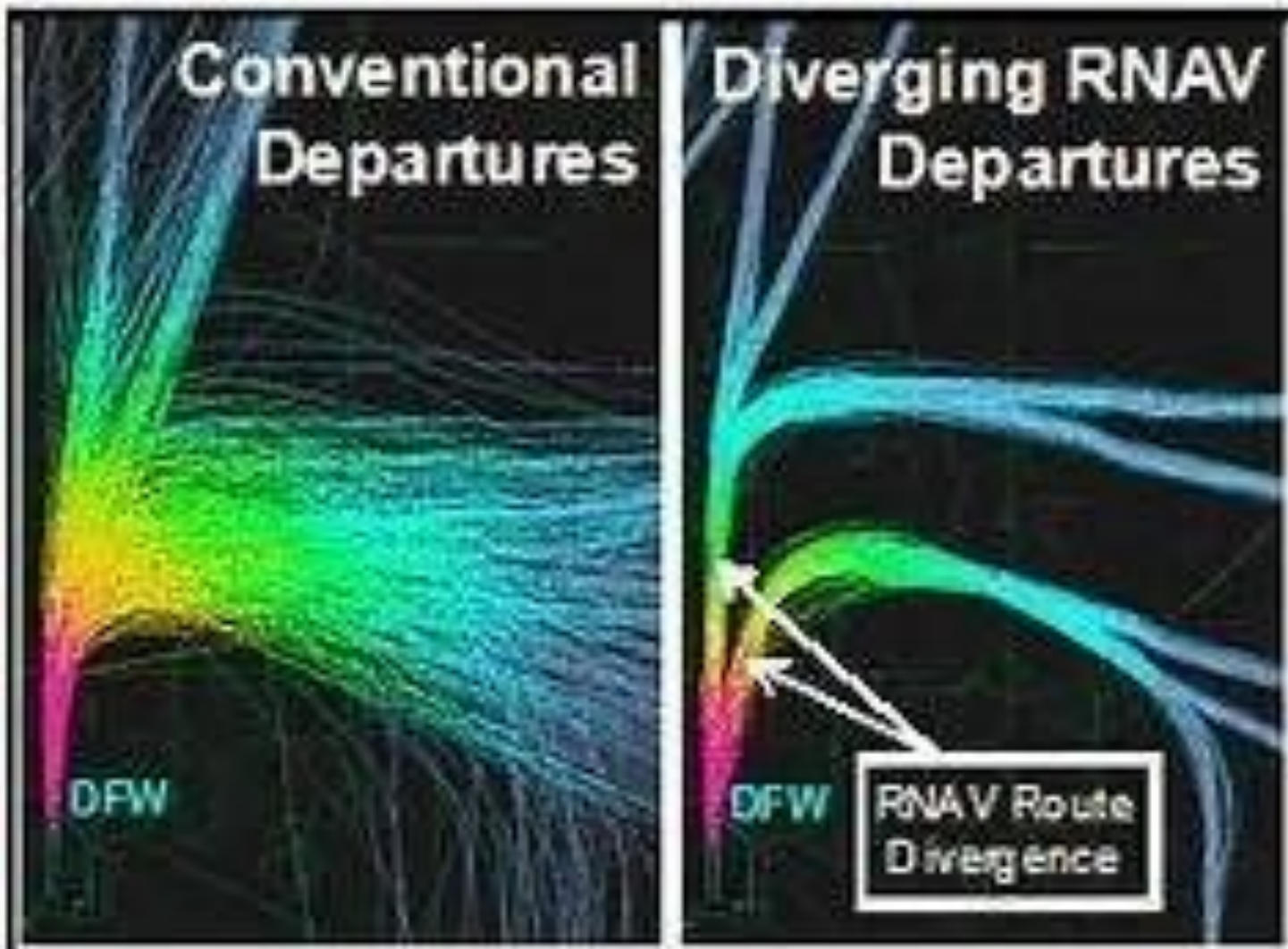
## Conventional Departures

DFW

## Diverging RNAV Departures

DFW

RNAV Route  
Divergence







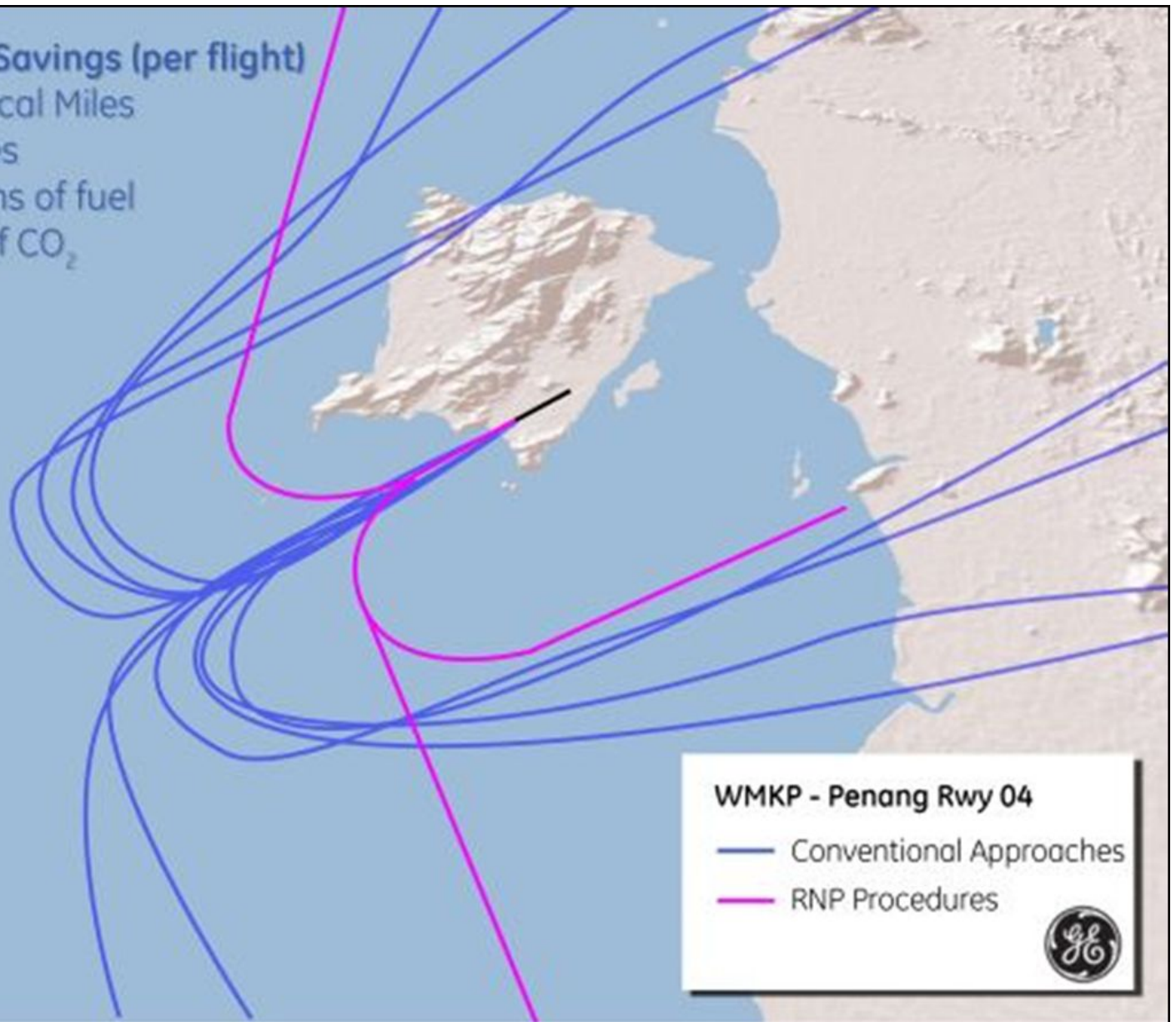
### Potential Savings (per flight)

11.7 Nautical Miles

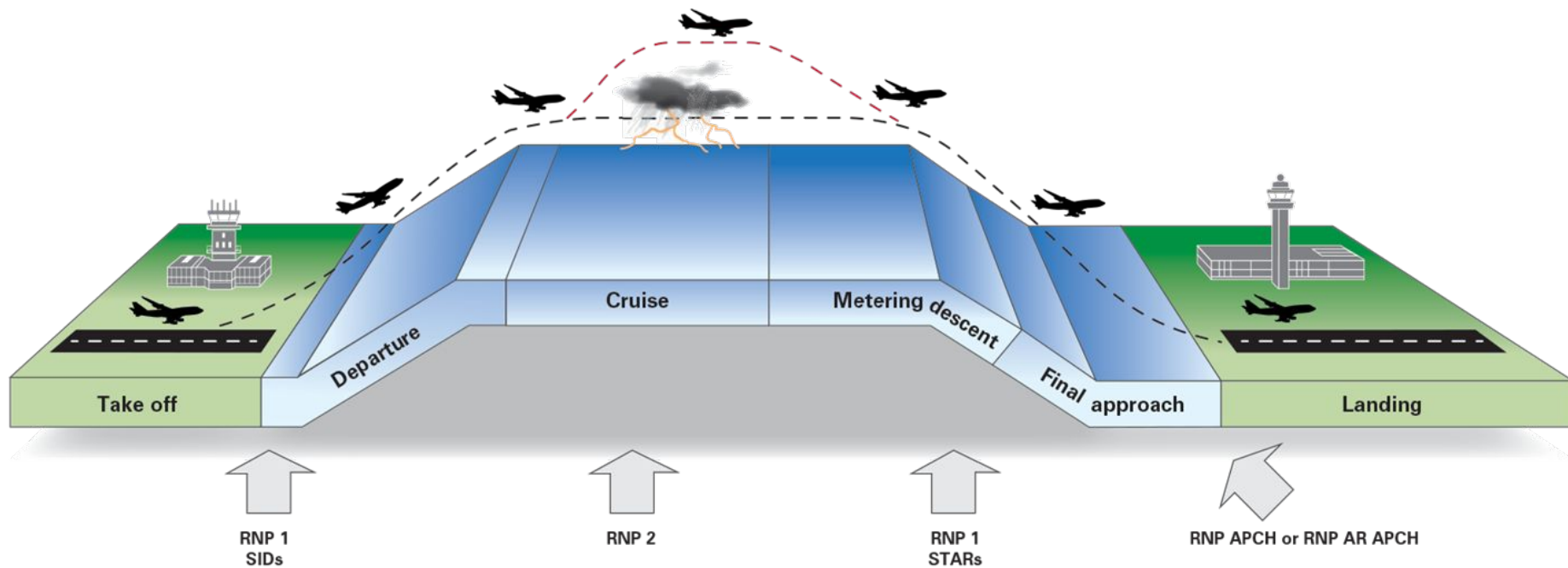
3.9 minutes

48.2 gallons of fuel

1025 lbs of CO<sub>2</sub>



# Aplicación





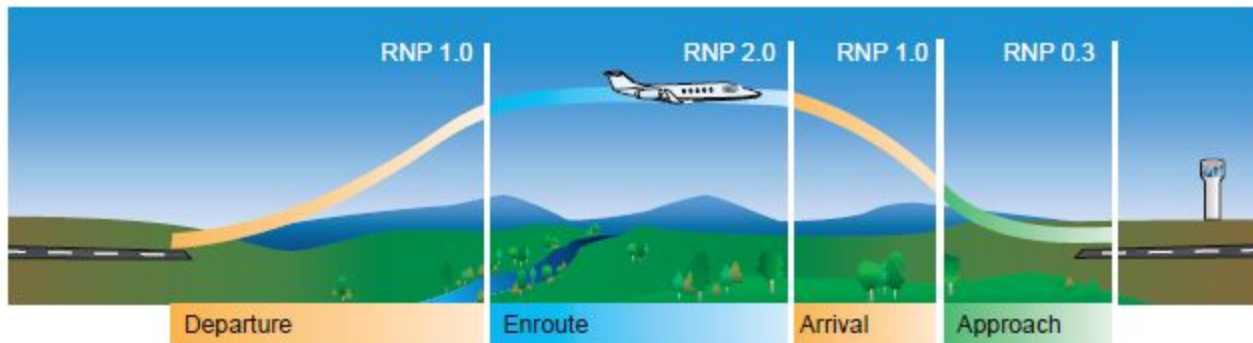
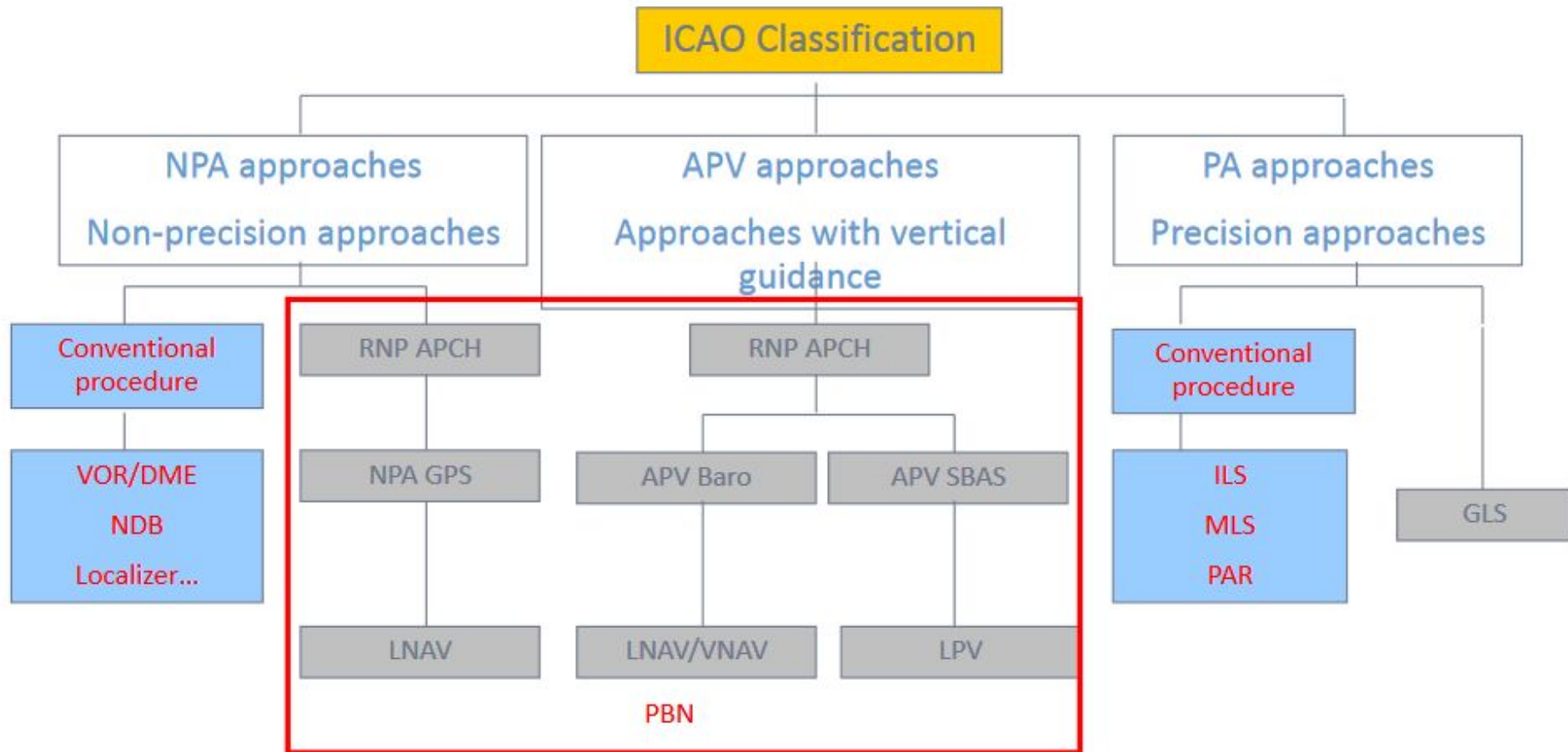


Figure 1-11. Required Navigation Performance.



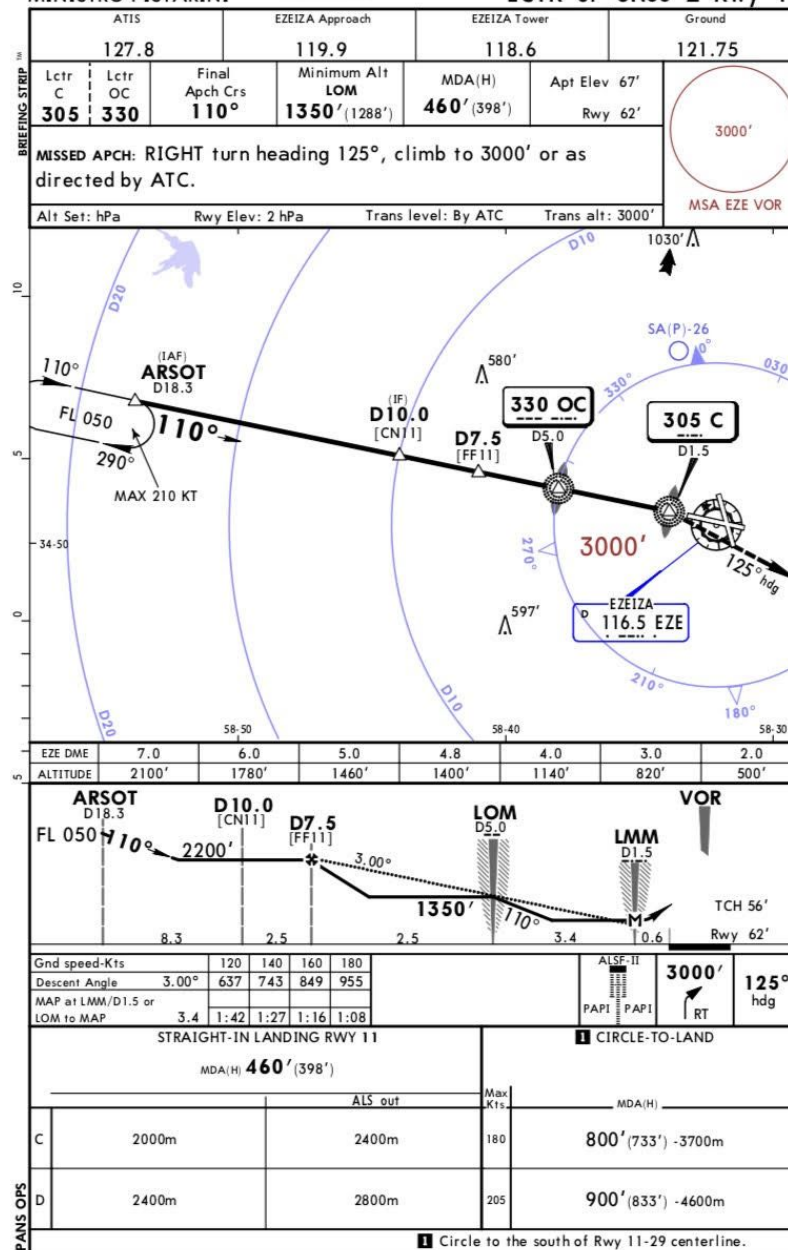
# Aproximaciones

## IAC con GNSS



# OVERLAY

- Periodo de prueba (años 90) se «sobrescribe» las App VOR/NDB con puntos GPS. Se volaba con señal GPS pero necesitaba que las radio ayudas estén operativas, tenia los mismos mínimos, etc. se uso mayoritariamente para introducir el GPS en la aviación, tenia poco beneficio real (luego se habilito aproximaciones VOR or GPS, es decir no era necesaria la radioayuda aunque el track y mínimos eran los mismos)



# Stand-Alone

- Aproximaciones solo GPS, sin referencia a la radio ayuda. Al comienzo eran «straight in» y luego en formato de «T» o «Y» Mínimos similares al VOR . *(Requieren: GPS certificado para IFR, con base de datos actualizada y coincidente con la carta, una carta no GPS en la alternativa y si no hay servicio disponible a la hora de llegada tener otro tipo de APP en el destino o cancelar el vuelo de no ser así)*

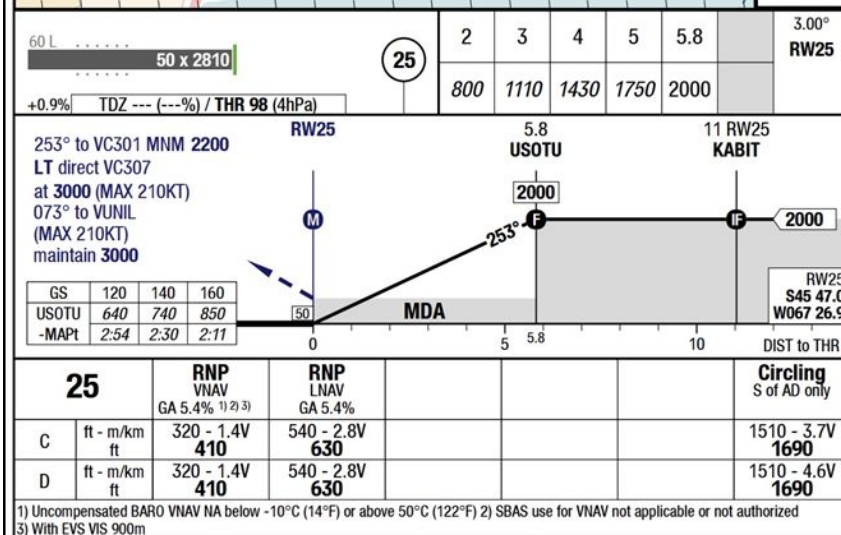
- Luego se les puso una guía vertical (la cual se vuela igual que un Glide Slope), lo cual baja los mínimos a un punto medio entre VOR y ILS, alrededor de 300ft. Si bien tienen DA no son de precisión sino que es una guía vertical, lo cual es casi lo mismo. Las mas modernas de GLS si son consideradas totalmente de precisión

- Rnav(Gnss): es LNav es decir solo Navegación Lateral, como siguiendo un radial y hacer steps down en el plano vertical. Necesita control externo. Mínimos similar el VOR
- RNP: es mas preciso que el RNAV, puede tener trayectorias curvas, posee mínimos entre VOR y ILS, aunque se considera de precisión ya que tiene DA (puede ser VNAV si la guía es con Satelite, o BARO Vnav con altímetro corregido por variaciones de temperatura) REQUEIRE MONITOREOPOR PARTE DE LA TRIPULACION

**CRD-SAVC**

7-70

RNP Z 25



Changes: MIN, OBST, AD ELEV



## SAZY / CPC

Aviador CARLOS CAMPOS

20 JUL 17

SAN MARTIN DE LOS ANDES, ARGENTINA

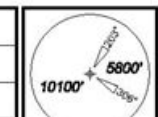
IAC N°4 - RNP AR Z RWY 06

CHAPELCO CTL 119.60	CHAPELCO APP 119.60	CHAPELCO TWR 119.60	CHAPELCO AUX 118.20	CHAPELCO GND 121.70	ARG 131.10
APP Final	RNP 0.25	CURSO APROX FINAL 062°	ALTITUD MNM LOLO 6500' (3888')	DA(H) 2838' (250')	

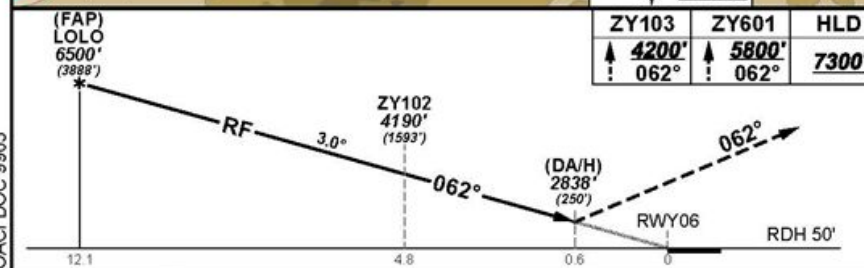
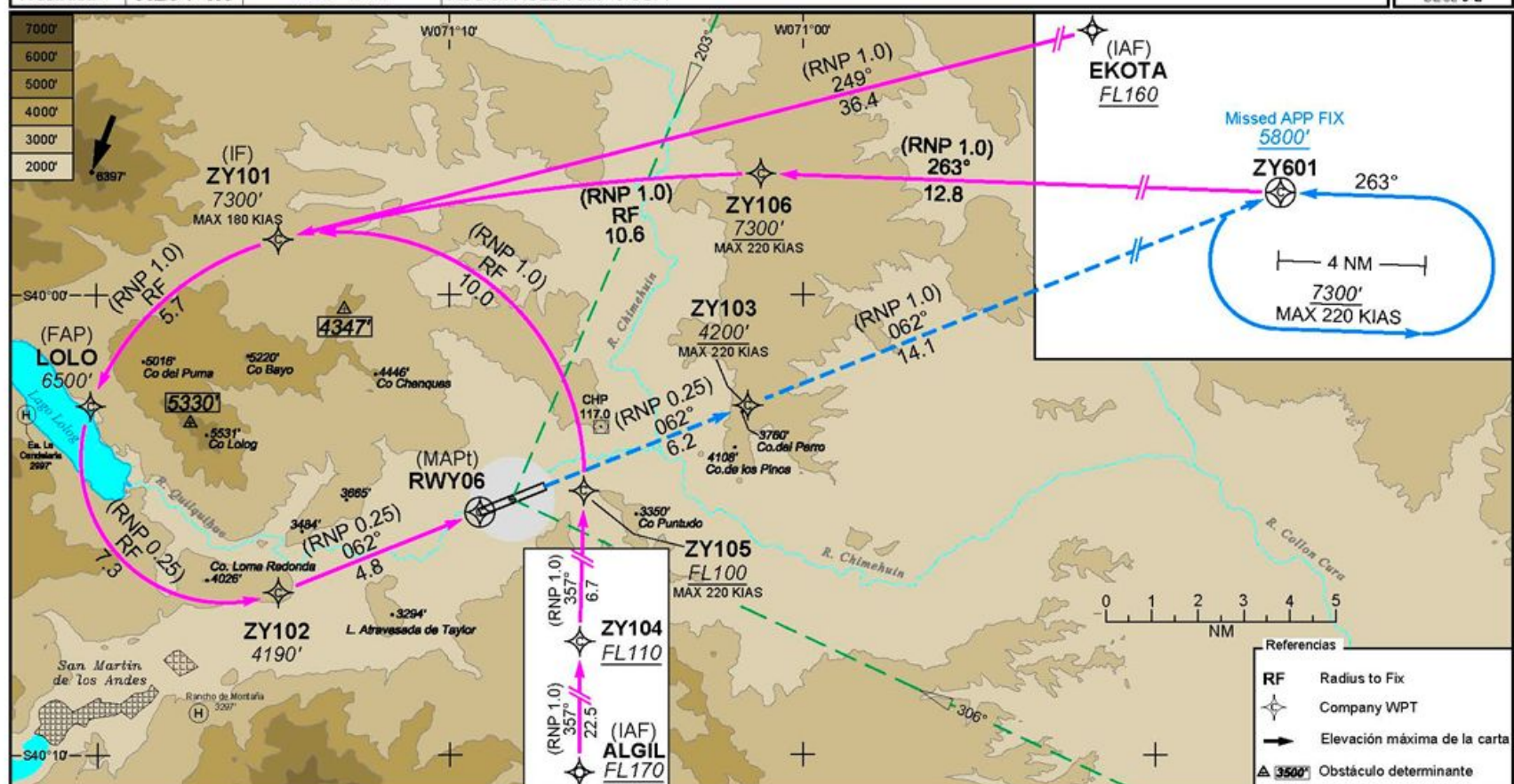
TRL TA	BY ATC 8000'
Elev APT	2569'
Elev THR	2588'

RNP AUTORIZACION REQUERIDA	Procedimiento válido solo para AEROLINEAS ARGENTINAS
Baro VNAV N/A	Requerimientos de Certificación
Superior 34°C	- RNP AR
Debajo -15°C	- RF Requerido

Procedimiento válido solo para AEROLINEAS ARGENTINAS
<b>B737 / B738</b>
Todas las aeronaves excepto: LV-BYY / CTB / CTC / GOO



APP Frustrada	RNP 0.25 / 1.0	ALTITUD DE ACELERACION 5000' MSL	ASC con curso de RWY a ZY103. Continuar VIA CURSO 062° a ZY601 con 5800' o SUP. Grad mínimo de ascenso 3.3%. ASC en HOLD 7300' o SUP.
------------------	-------------------	-------------------------------------	--

MSA 25NM ARP  
DECL 6°E

CAT	APP Frustrada RNP 0.25 / 1.0				APP Frustrada RNP 1.0			
	APP Final RNP 0.25				APP Final RNP 0.3			
C	DA 2838'	VIS		DH 250'	Ver IAC N° 4 RNP AR Y RWY 06			
	Con ALS	Sin ALS						
D	780 M	1200 M						
D	GS	[kt]	120	140	160	170	Dist. al MAPt	10.0
	FAP-MAPt	12.1 NM [min:sec]	6:02	5:10	4:31	4:15		8.0
D	FPM	[ft/min]	630	740	840	900	Altitud	6.0
								5.0
								4.0
								3.0
								2.0
								1.0

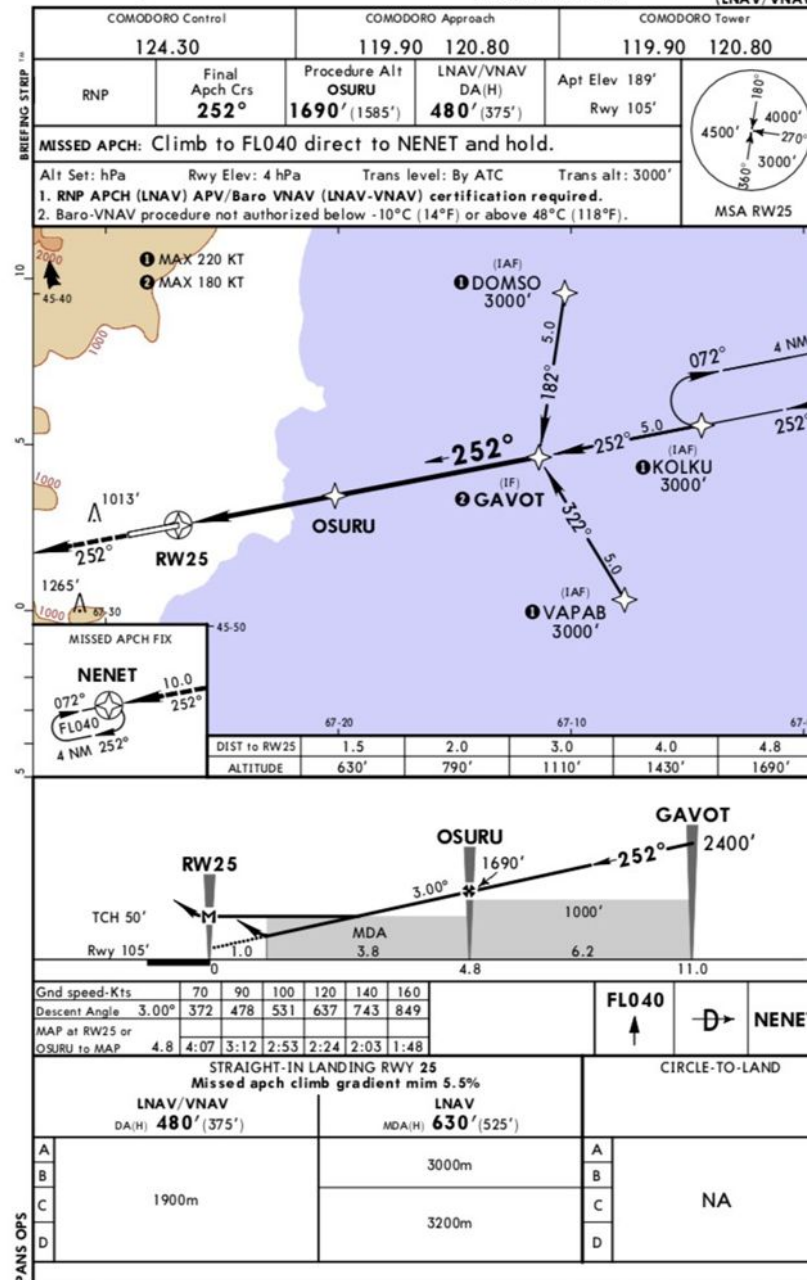
OACI DOC 9905

SAVC/CRD

GEN ENRIQUE MOSCONI

JEPPESSEN  
23 OCT 15 (12-1)

COMODORO RIVADAVIA, ARG

MISSED APCH CLIMB  
GRADIENT MIN 5.5%No. 7  
RNP Rwy 25  
(LNAV/VNAV)



## Operational Information

Ops Info

## Chapter OI

Section 1

## CREW BRIEFING PBN B737NG ( ARG )

## FLIGHT PLANNING

NOTAM ..... Terminal/Approach RAIM CHECK

## PREFLIGHT/PRIOR TO COMMENCING PBN OPS

NAV DATA-NAV OPTIONS ..... CHECK UPDATES ON

IFP (FMC) vs Chart..... CROSSCHECK

RNP.....CHECK

## RNP APPCH:

Requisitos Pre-APPCH .....CHECK

- 1 x GPS
- 1 x FMC/CDU
- 1 x RA
- 1 x FD

## DURING PBN OPERATIONS

XTK ERROR..... MONITOR

Máximo FTE (Flight Technical Error): 1 x RNP

ANP ..... MONITOR

## RNP APPCH:

Vertical Deviation (From FAF to DA)..... 75 Ft

2 NM Before FAF.....Verify RNP 0.3



## PBN CONTINGENCY PROCEDURE ( ARG )

PF		PM
1. FMA.....CHECK Roll & Pitch Modes		
2. RESPONSE		
IMC		
Below MSA/TAA-MEA-MORA		
SID	CLB Max Angle on SID Track	
STAR	CLB 230 Kts on STAR Track	
APP	Below 2000 Ft AGL: Go Around	
	Above 2000 Ft AGL (Flaps UP): Discontinue APP *Nota	
Above MSA/TAA-MEA-MORA		
SID	Continue CLIMB	
STAR	No Descent BELOW MSA	
APP	Discontinue APP *Nota	
VMC		
CONTINUE OPERATION		
		3. ATC.....NOTIFY
4. NON-NORMAL CHECKLIST		
5. NEW COURSE OF ACTION		
Basado en las condiciones de vuelo, combustible remanente y aeropuerto de destino o alternativa con capacidad radioeléctrica.		

\*Nota: Discontinue APP:

MCP Alt..... SET MSA

LVL CHG..... SET

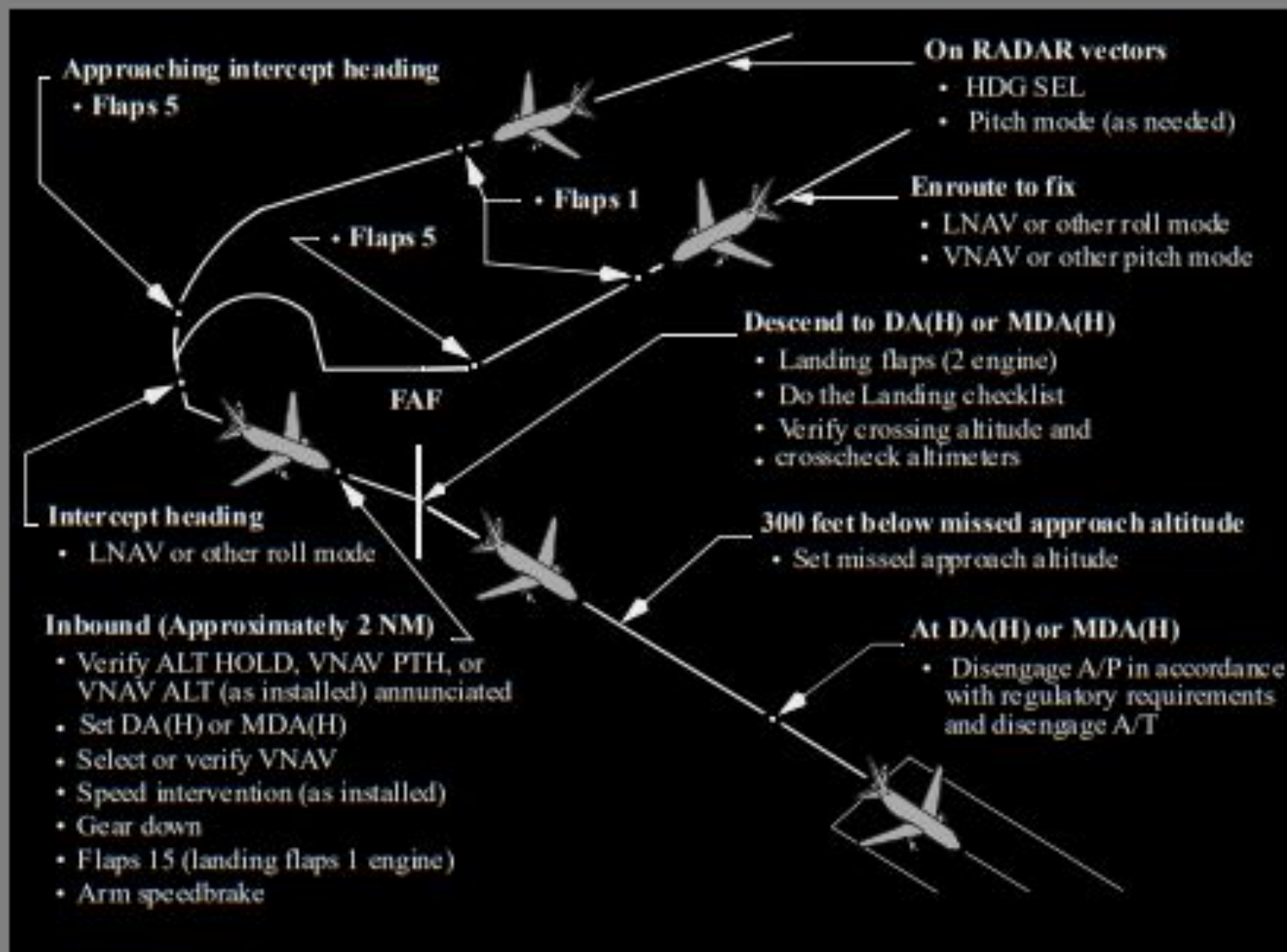
IAS..... SET 230 KIAS

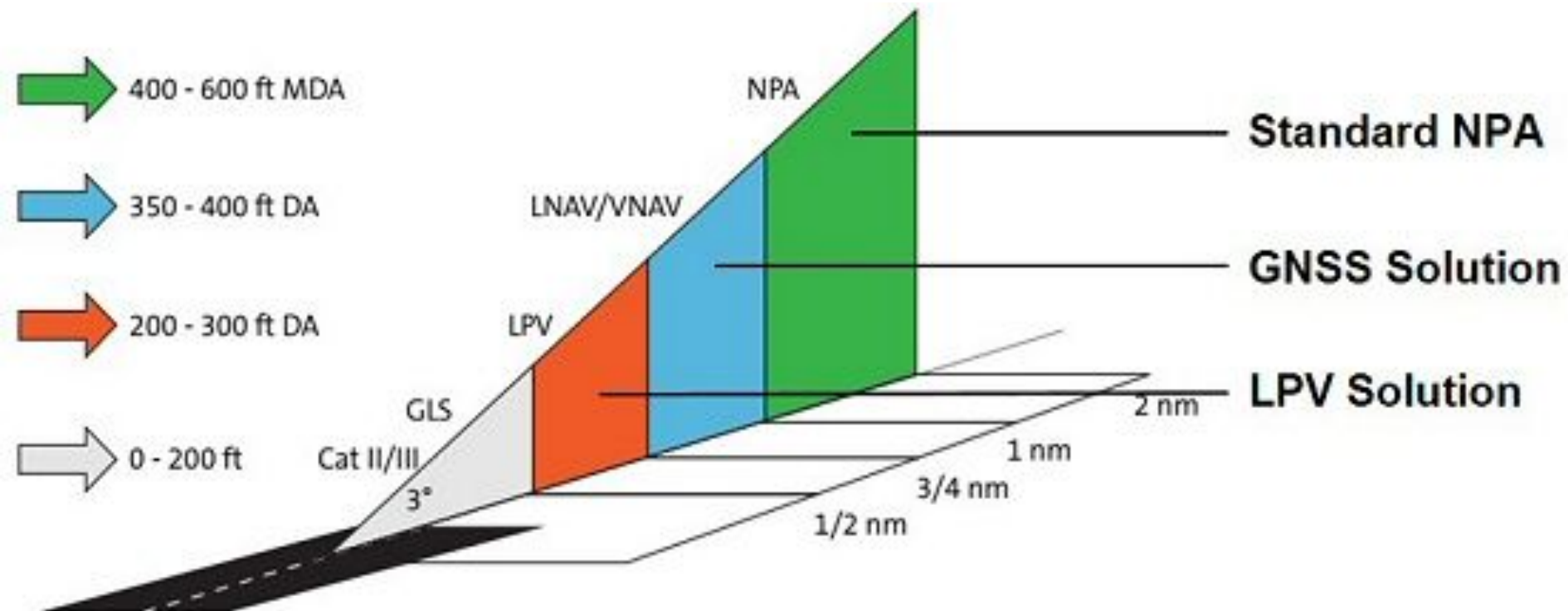


## RNP AR APPROACH Review Card

Requerimientos Pre APPCH	
<ul style="list-style-type: none"> <li>EGPWS</li> <li>2 FMCs</li> <li>2 GPS Receivers</li> <li>2 CDUs</li> <li>Current Nav Data Base</li> <li>2 Radio Altimeters</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 ADIRUs, IRSs in NAV mode</li> <li>2 PFD/ND displays</li> <li>1 A/P</li> <li>2 F/Ds capable of LNAV/VNAV</li> </ul>
Autorización REQUERIDA	
AERONAVE	Certificada para RNP AR
TRIPULACION	Current (habilitada) a RNP AR
AEROPUERTO	IFP'S RNP AR vigentes y sin cortes RAIM
FMC	
UPDATES	VOR y DME en OFF
BDN	Procedimiento recuperado de la BDN (Base de Datos de Navegación)
RNP	Verificar valores RNP segmentos Final y Frustrada
INTERVENCIONES	Prohibido modificar altitudes, velocidades, o volar DCT a algún WPT
OPERACION	Se vuela LNAV/VNAV con FD y AP ON, conforme al Pattern de Boeing (QRH/FCTM)
ALERTAS	Verificar que no se encuentre encendida la alerta UNABLE REQD NAV PERFORMANCE – RNP
	No existen alertas para Cross Track errors en las aeronaves que no poseen NPS

FLIGHT PROCEDURES	
CM 1 (PF)	CM 2 (PM)
CRUISE Procedure	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza APP Briefing según POL, agregando:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carta de APP RNP AR</li> <li>- Contingency RNP AR</li> <li>- Fallas durante la APP</li> </ul> </li> <li>FMC - Setear en Descent Forecast:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vientos de descenso</li> <li>- Temp/QNH</li> <li>- Anti Ice (si aplica)</li> </ul> </li> </ul> <p><i>Nota: For airplanes with NPS, verify that the vertical RNP is 125 feet.</i></p>	
DESCENT Procedure	
APPROACH Procedure	
TERR	TERR / Wx (Si es factor)
CDU en LEGS	CDU en PROGRESS 4/4
LANDING Procedure	
ND escala menor o igual a 10NM (After FAP)	
Monitor Desired Track	
MAX XTK Error 1 x RNP	
FAP: Altimeters Crosscheck	
MAX Diferencia: 100 Ft. (Altimetros Primarios)	
MAX Vertical Deviation +/- 75 Ft (From FAP to DA)	





# Sistemas aumentados

- LPV: Localizer Performance with Vertical guidance. Aproximación de precisión con mínimos de ILS. Requiere WAAS (Wide Area Augmentation System), que es un sistema apoyado con equipo de tierra y satélites geoestacionarios , reduciendo el error del GPS a 3 metros.
- GLS: (GBAS Landing System) se apoya en un sensor local que aumenta aun mas la precisión de la aproximación y se lo envía vía VHF a la aeronave la cual lo sintoniza selectando un canal (Usa otras constelaciones además de GPS). Permite aterrizar Categoría I y se espera que se logre llegar a II y III con Autoland ya que posee precisión de 1 metro. Posee trayectorias curvas



NEWARK, NEW JERSEY

AL-285 (FAA)

13010

LAAS  
CH 22727  
G04A

APP CRS  
039°

Rwy Idg  
8460

TDZE  
10

Apt Elev  
18

GLS RWY 4L

NEWARK LIBERTY INTL (EWR)

Autopilot coupled approach NA below 210. For inoperative MALSR increase GLS all Cnts visibility to RVR 4000. DME/DME RNP-0.3 NA. GPS required.



MISSED APPROACH: Climb to 3000 direct EHLUN and on track 079° to MOSME and on track 025° to TEB VOR/DME and hold.

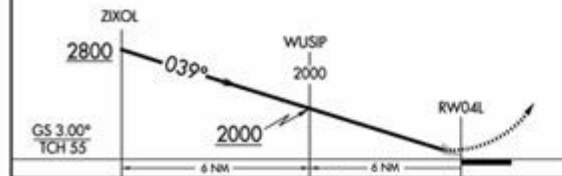
NEWARK ATIS 115.7 134.825 NEW YORK APP CON 128.55 379.9 NEWARK TOWER 118.3 257.6 GND CON 121.8 CLNC DEL 118.85

RADAR REQUIRED



VGSI and GLS glidepath not coincident (VGSI Angle 3.00/TCH 35).

3000 EHLUN MOSME TEB



NEWARK, NEW JERSEY  
Orig C 26JUL12

40°42'N-74°10'W

NEWARK LIBERTY INTL (EWR)  
GLS RWY 4L

RENO, NEVADA

16259

WAAS  
CH 60920  
W32A

APP CRS  
318°

Rwy Idg  
7800

TDZE  
5045

Apt Elev  
5050

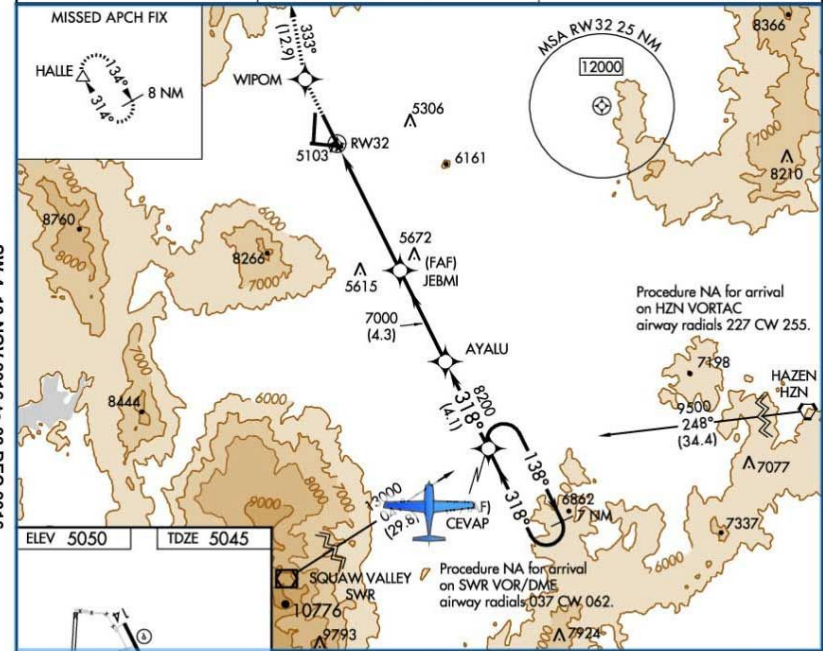
RNAV (GPS) RWY 32  
RENO/STEAD (RTS)

When VGSI inoperative, Circling Rwy 8 NA at night. DME/DME RNP-0.3 NA. When local altimeter setting not received, use Reno/Tahoe Intl altimeter setting and increase all DA 115 feet and all MDA 120 feet. Inoperative table does not apply.

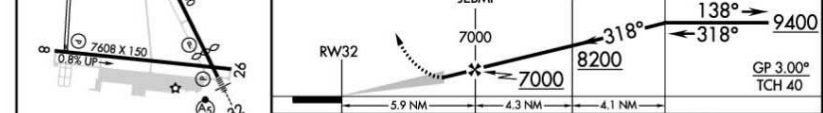


MISSED APPROACH: Climb to 14000 direct WIPOM and on track 333° to HALLE and hold, continue climb-in-hold to 14000.

AWOS-3 135.175 NORCAL APP CON 126.3 353.9 UNICOM 122.7 (CTAF) 0



14000 WIPOM HALLE VGSI and RNAV glidepath not coincident (VGSI Angle 3.00/TCH 39).



HIRL Rws 8-26 and 14-32  
REIL Rws 8, 26, 14 and 32

RENO, NEVADA  
Amdt 1A 15NOV12

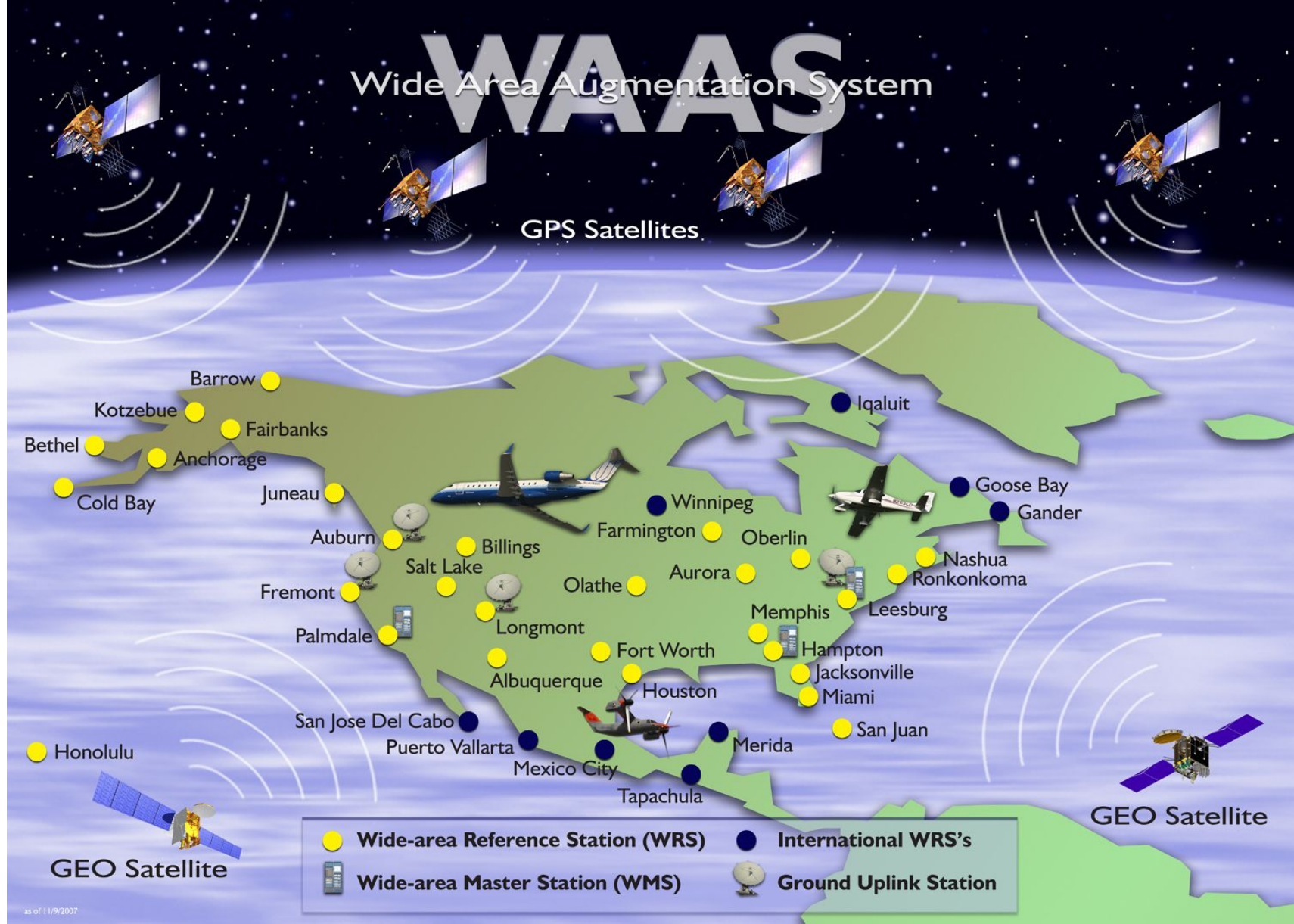
39°40'N-119°53'W

RENO/STEAD (RTS)  
RNAV (GPS) RWY 32

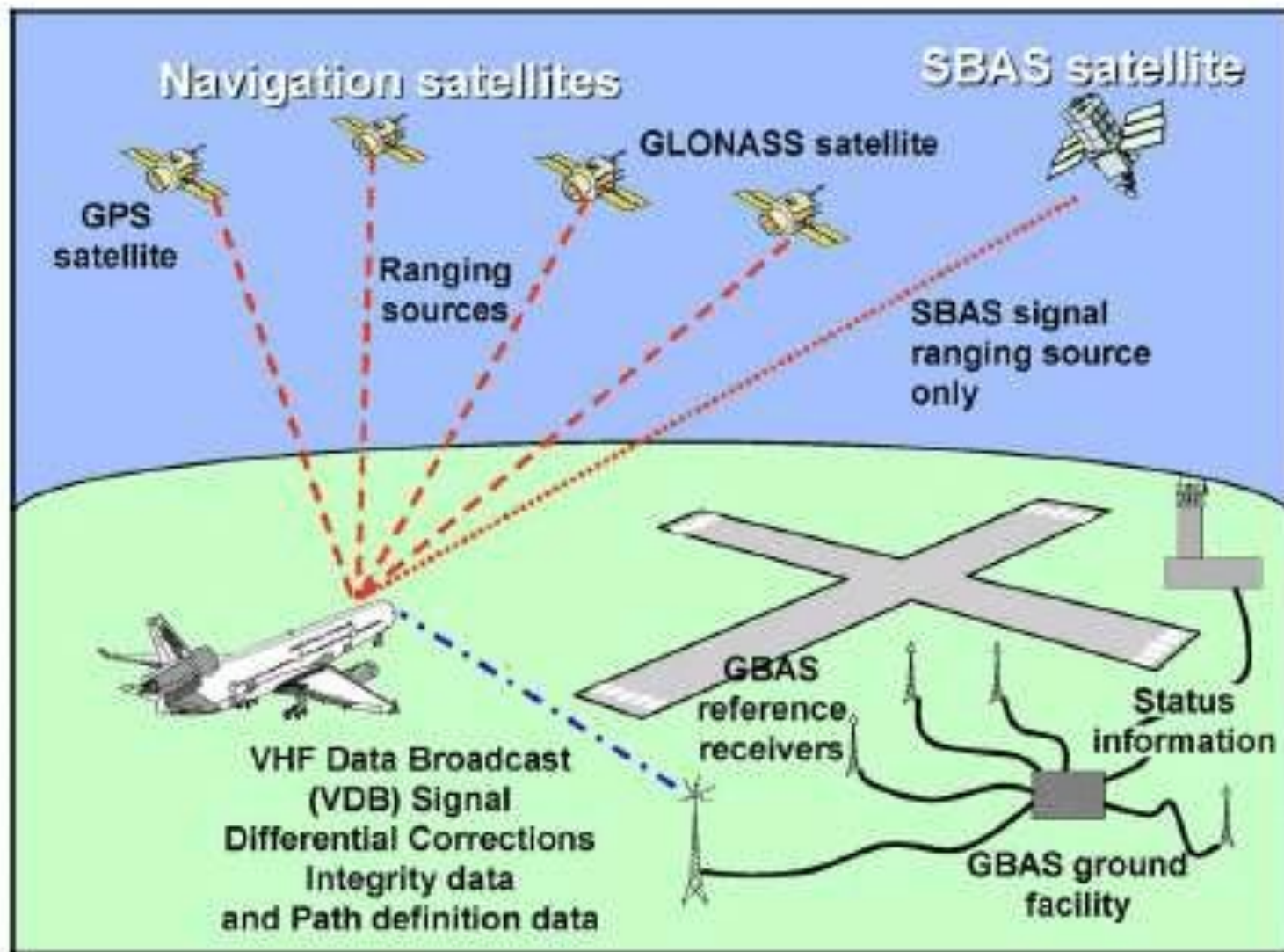
SW-4, 10 NOV 2016 to 08 DEC 2016

SW-4, 10 NOV 2016 to 08 DEC 2016





- EGNOS en Europa, MSAS en JAPON



GBAS (Ground Based Augmentation System) en Europa, LAAS (Local Area Augmentation System) en EE.UU

# GLS VS convencional

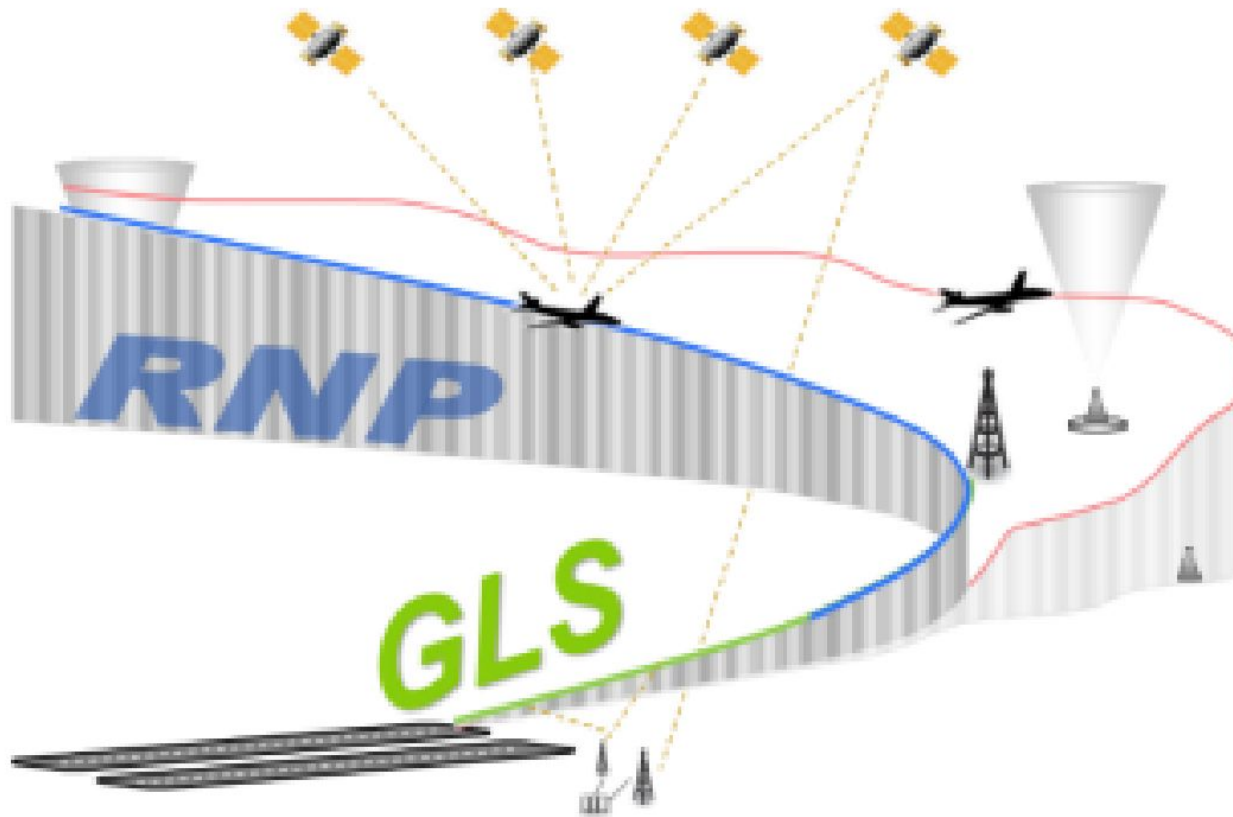
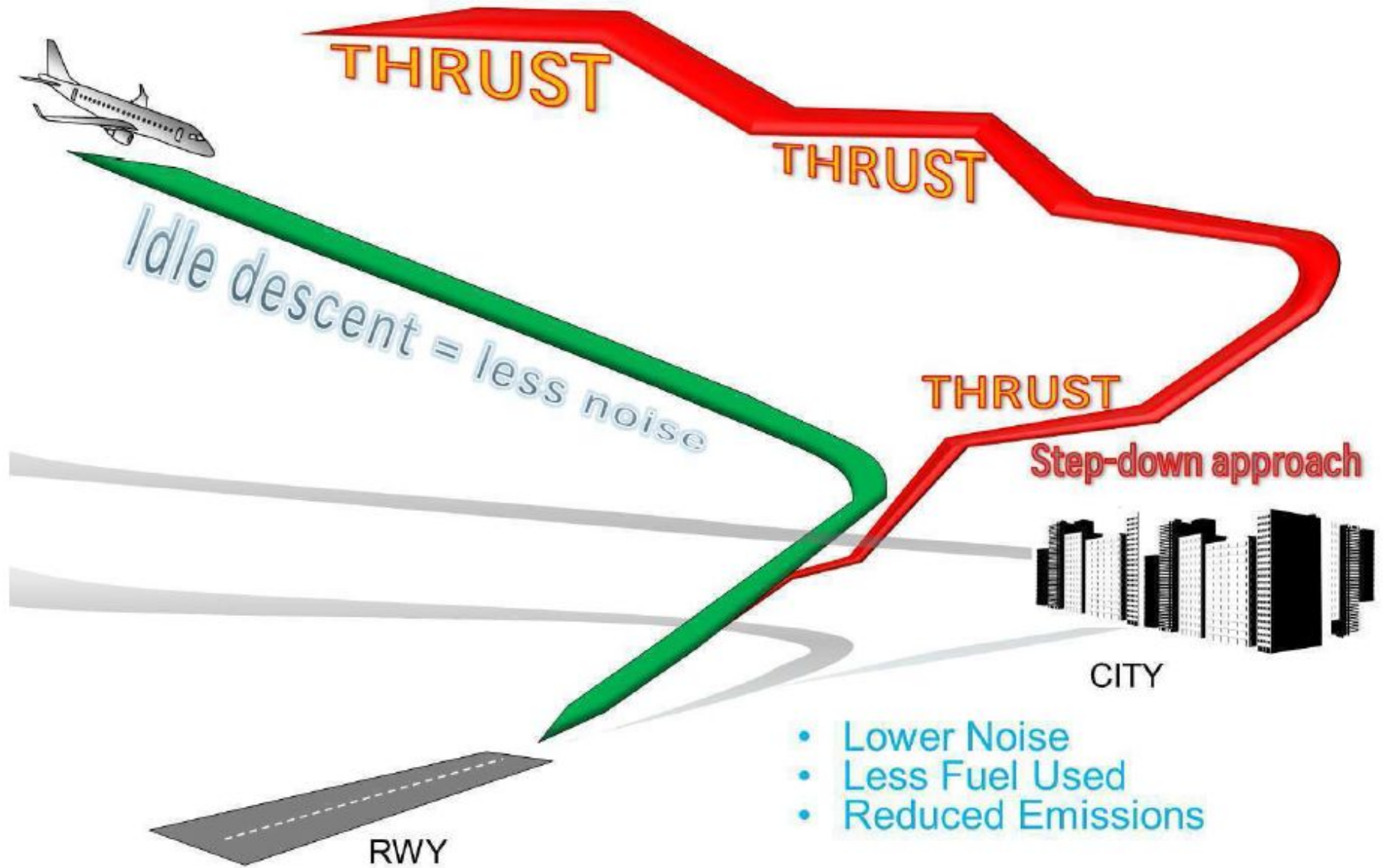


Figure 1: RNP to GLS Overview

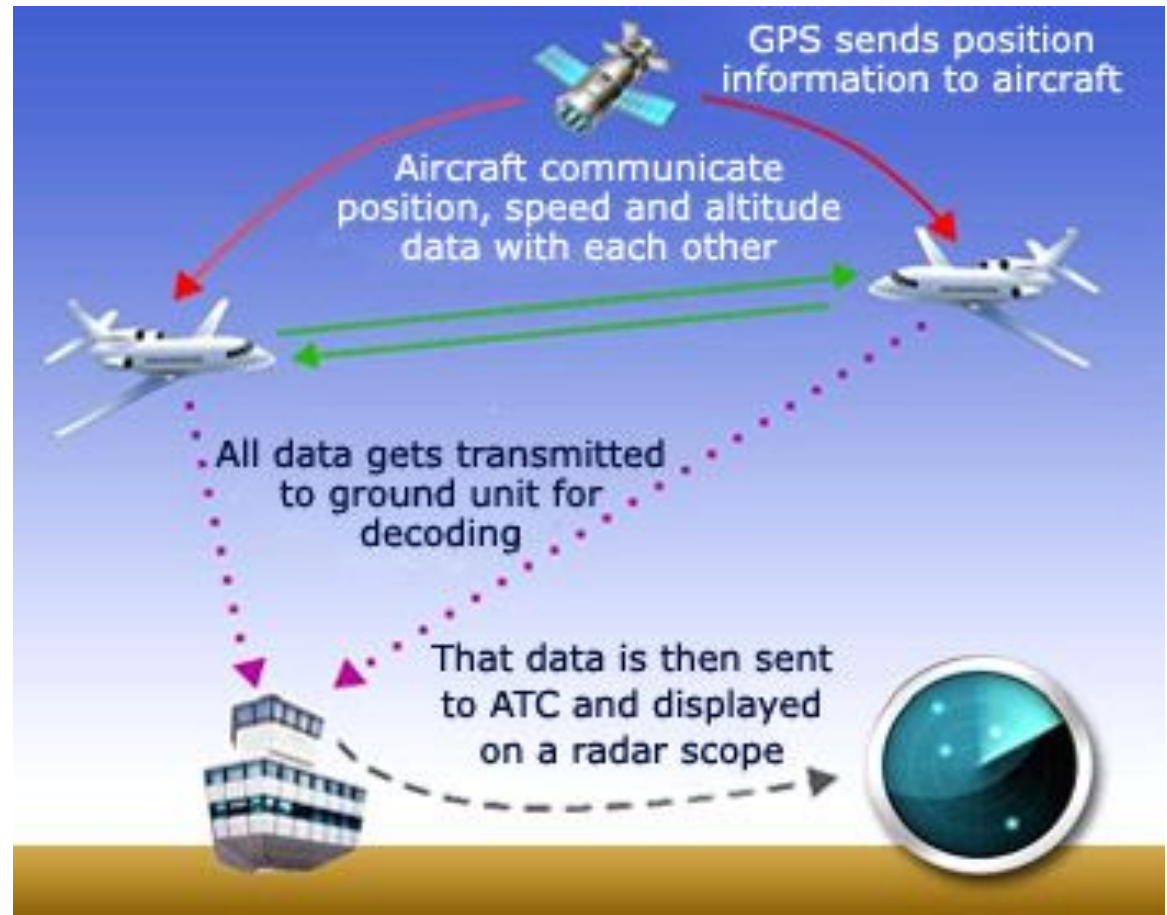




# Otros Servicios Satelitales

- **ADSB:**  
Automatic  
dependent  
surveillance  
– broadcast

«el nuevo  
transponder»



- ADS-B OUT: solo transmito posición.
- ADS-B IN: tráfico (veo lo mismo que un controlador), Notams, Meteorología (Metar, TAF)

# • Data-Link

- ACARS
- SATELLITE RADIO





# Muchas gracias!

