

Organización de Aviación Civil Internacional  
Oficina Sudamericana



**CURSO DE DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS  
APV/BARO-VNAV**

**PROCEDIMIENTOS APV/BARO-VNAV**

**TRAMO APV**

**INSTRUCTORES: FERNANDES JÚNIOR / MARIELA VALDES**

## TRAMO APV

### OBJETIVO

- Conocer los conceptos específicos relacionados al tramo APV.
- Aplicar los conceptos al diseño de procedimientos APV/Baro-VNAV.

3/44

## TRAMO APV

### TEMARIO

- Superficie APV-OAS
- Superficie de Aproximación Final (FAS)
- Corrección de Temperatura
- Superficie de Aproximación Frustrada Intermedia y Final
- Plano Horizontal

4/44



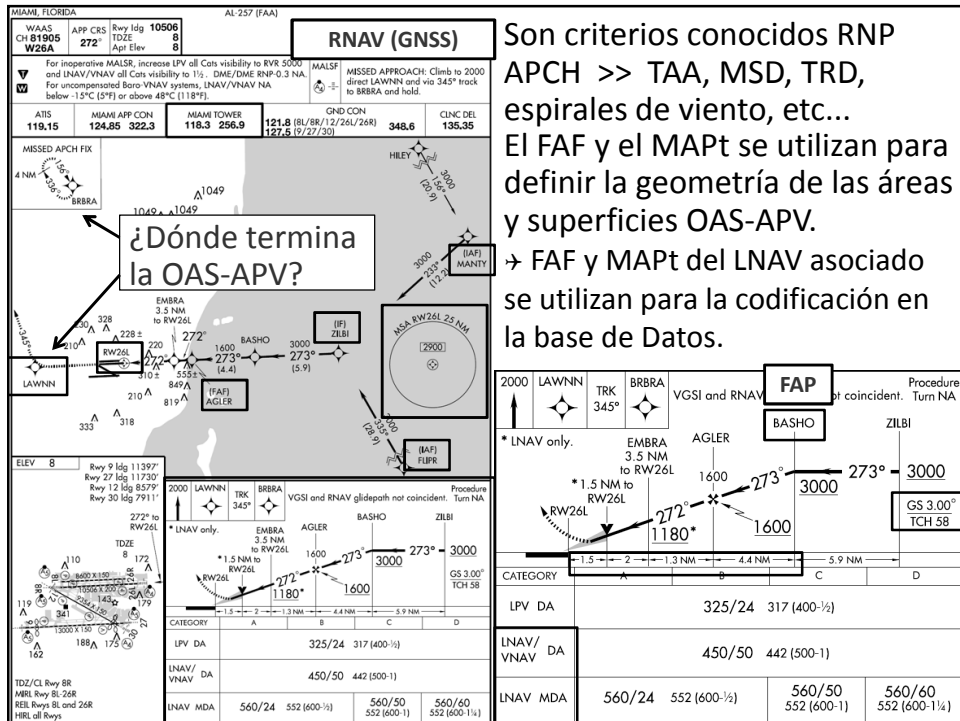
# TRAMO APV

- El tramo APV es alineado con la prolongación del eje de pista y contiene el tramo final de descenso y los tramos inicial, intermedio y final de aprox. frustrada.
  - ➔ Los tramos Inicial, Intermedio y la TAA/MSA cumplen con criterios **RNP APCH**.
  - ➔ Cap. 4 >> Criterios para evaluar las superficies OAS-APV.

## SUPERFICIE OAS-APV

- La OAS-APV comienza en el FAP, situado en la intersección de la trayectoria vertical (VPA) y la altura mínima del tramo precedente.
  - ➔ Normalmente no más de 10NM del umbral.
- La OAS-APV termina en el MAHF (MATF).

5/44



Son criterios conocidos RNP APCH >> TAA, MSD, TRD, espirales de viento, etc... El FAF y el MAPt se utilizan para definir la geometría de las áreas y superficies OAS-APV. ➔ FAF y MAPt del LNAV asociado se utilizan para la codificación en la base de Datos.



## SUPERFICIES APV-OAS

- Las superficies APV-OAS son:
  - ➔ Superficie del Segmento de Aproximación Final (FAS);
  - ➔ Plano/Superficie Horizontal;
  - ➔ Superficie de Aproximación Frustrada Intermedia y Final ( $Z_i$  y  $Z_f$ ) >> El tramo Inicial de AF está incluido en las superficies OAS  $Z_i$  y  $Z_f$ .
- Los límites laterales de las superficies están basados en los bordes de las áreas primaria y secundaria del procedimiento LNAV asociado.
- Cada una tiene una característica vertical específica.

7/44



## SUPERFICIES APV-OAS

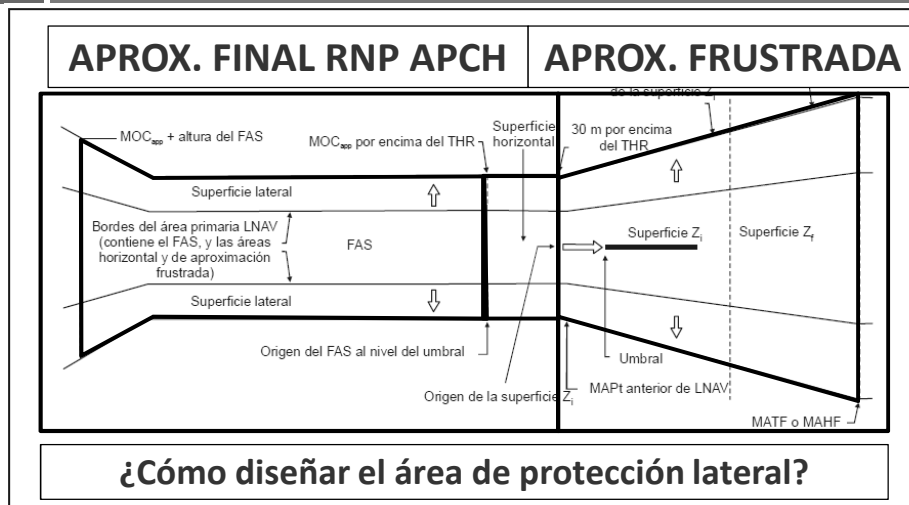
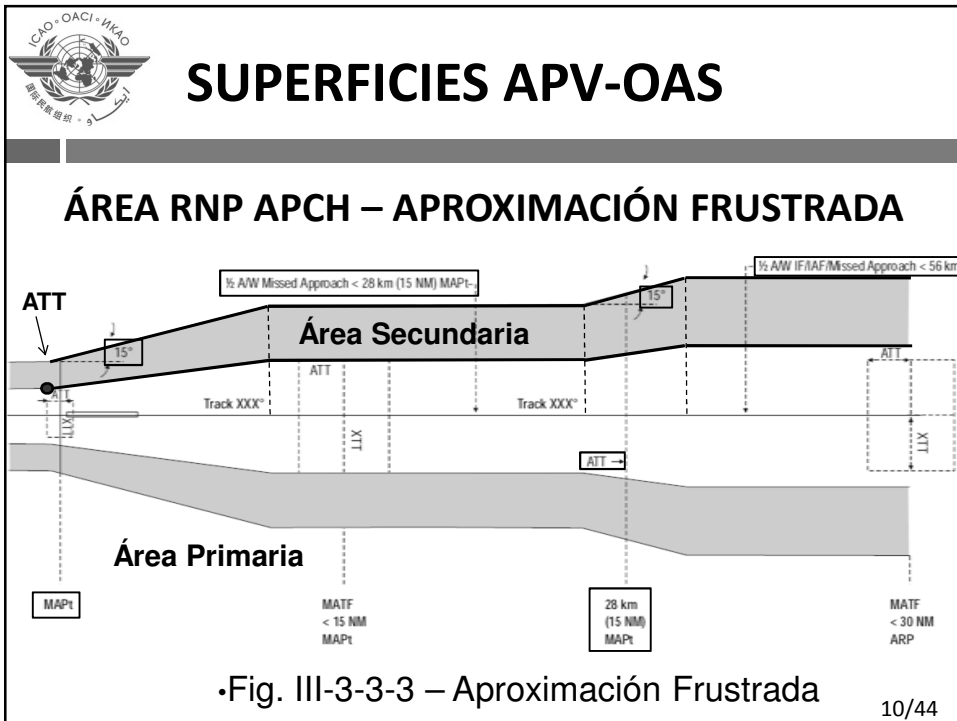
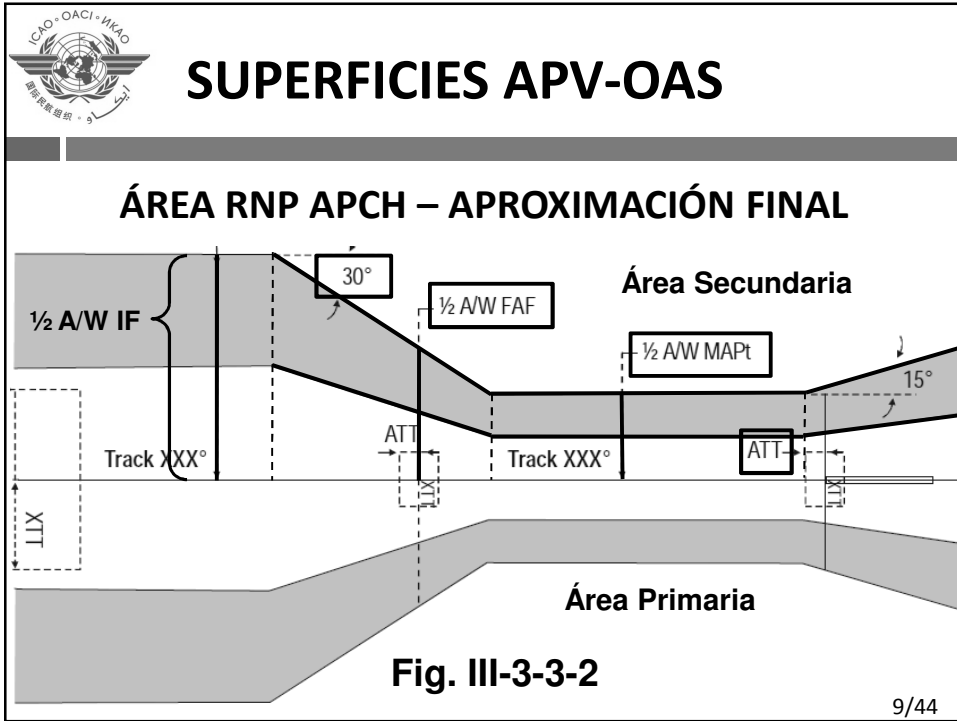


Figura III-3-4-1. Área APV/baro-VNAV — Vista de planta de OAS APV

8/44





## TABLA RNP APCH

**Tabla III-1-2-7. XTT, ATT y semianchura del área para RNP APCH (CAT A a E) en las fases de vuelo de aproximación inicial/intermedia/final y de aproximación frustrada (km)**

| IF/IAF/aproximación frustrada (<56 km del ARP) |      |       | <b>EJERCICIO</b> |      |       |      |      |       | Aproximación frustrada (<28 km del ARP) |      |       |
|--|------|-------|------------------|------|-------|------|------|-------|---|------|-------|
| XTT  | ATT  | ½ A/W | XTT              | ATT  | ½ A/W | XTT  | ATT  | ½ A/W | XTT                                     | ATT  | ½ A/W |
| 1.85   | 1.48 | 4.63  | 0.56             | 0.44 | 2.69  | 0.56 | 0.44 | 1.76  | 1.85                                    | 1.48 | 3.70  |

**Tabla III-1-2-8. XTT, ATT y semianchura del área para RNP APCH (CAT A a E) en las fases de vuelo de aproximación inicial/intermedia/final y de aproximación frustrada (NM)**

| IF/IAF/aproximación frustrada (<30 NM del ARP) |      |       | FAF  |      |       | MAPi |      |       | Aproximación frustrada (<15 NM del ARP) |      |       |
|--|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|---|------|-------|
| XTT  | ATT  | ½ A/W | XTT  | ATT  | ½ A/W | XTT  | ATT  | ½ A/W | XTT                                     | ATT  | ½ A/W |
| 1.00   | 0.80 | 2.50  | 0.30 | 0.24 | 1.45  | 0.30 | 0.24 | 0.95  | 1.00                                    | 0.80 | 2.00  |

11/44



## SUPERFICIES APV-OAS

# Preguntas?!



12/44



## SUPERFICIES APV-OAS

### SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FINAL (FAS)

- La origen de la FAS ( $X_{FAS}$ ) se encuentra al nivel del umbral, en el punto en que la trayectoria vertical(\*) alcanza la altura de la  $MOC_{APP}$  más un ATT (444m).
  - ➔ (\*) Ángulo de evaluación de obstáculos de la FAS ( $\alpha_{FAS}$ ).
  - ➔  $MOC_{APP}$ : MOC de la aproximación final >> 75m (246 Ft)
- Termina a una distancia [FAP + ATT], desde el umbral.
- La altura de la superficie FAS es:
  - ➔ Área Primaria: Altura de la trayectoria definida por  $\alpha_{FAS}$
  - ➔ Área Secundaria: Altura de la área primaria, más la  $MOC_{APP}$  equivalente en el área secundaria.

13/44

### SUPERFICIE FAS – VISTA EN PERFIL

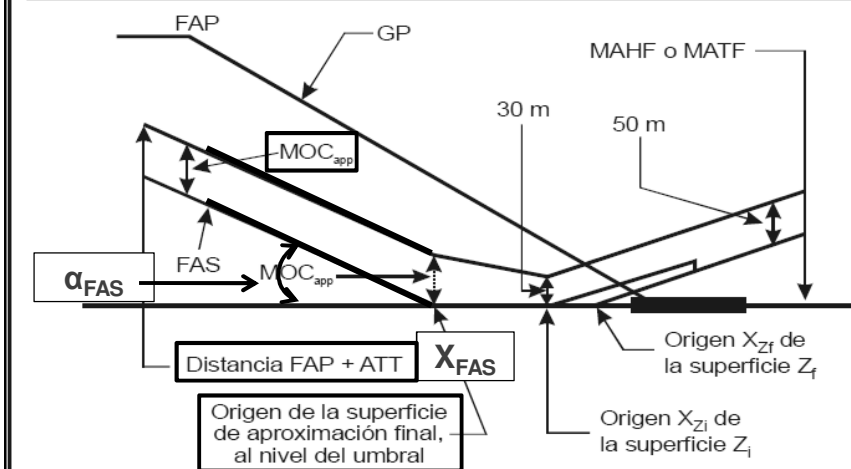
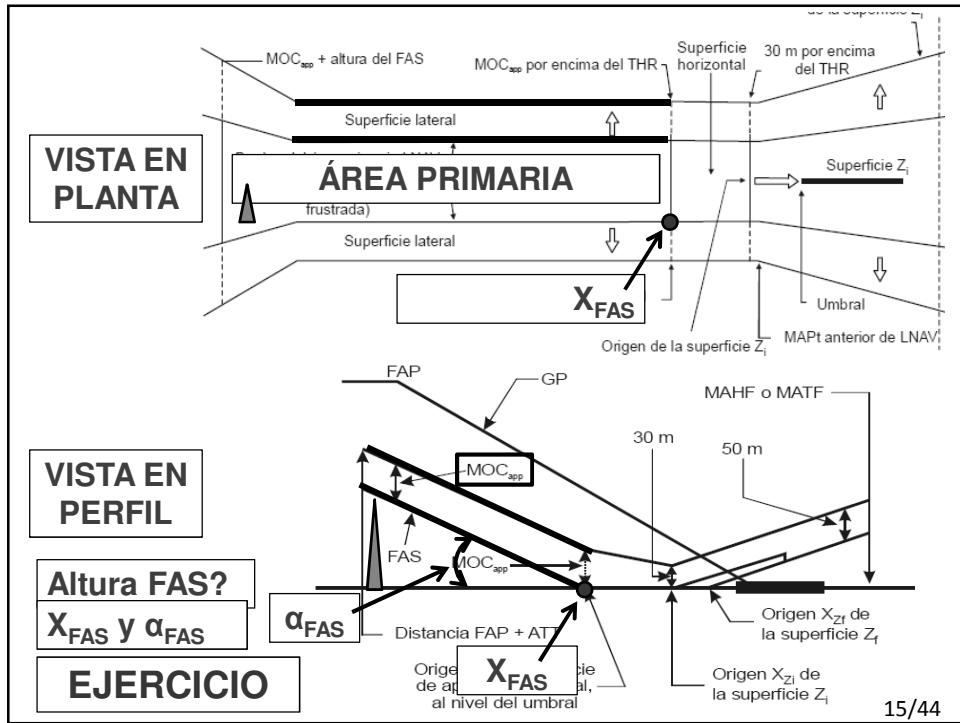


Figura III-3-4-2. Baro-VNAV — Vista de perfil

14/44



**SUPERFICIES APV-OAS**

**Preguntas?!**

16/44



## SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FINAL (FAS)

- El área depende de  $X_{FAS}$  y  $\alpha_{FAS}$ , pero, ¿cómo calcular estos parámetros?

$$\tan \alpha_{FAS} = \frac{(\text{altura en el FAP} - \text{corrección de temp} - MOC_{app}) \times \tan VPA}{(\text{altura en el FAP} - MOC_{app})}$$

$$X_{FAS} = \frac{MOC_{app} - RDH}{\tan VPA} + ATT$$

- El  $\alpha_{FAS}$  depende de la temperatura.
- Hay interdependencia entre el  $\alpha_{FAS}$  y la altura en el FAP (y el VPA) >> **VPA: 3°**

17/44



## SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FINAL (FAS)

### CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

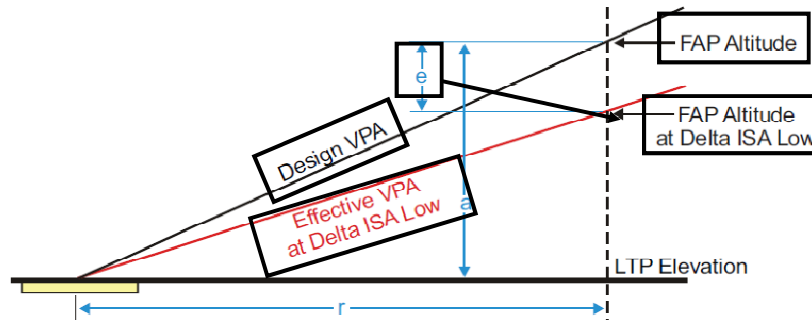
- APV/Baro-VNAV se basa en guía vertical barométrica >> depende de la temperatura.
- El procedimiento debe tener en cuenta el efecto de la temperatura en el ángulo de la trayectoria vertical.
- Las altitudes/alturas mínimas deben ajustarse cuando la temperatura en la superficie sea considerablemente inferior a la prevista por la atmosfera normalizada.
  - Baja temperatura >> error del altímetro >> reducción del VPA >> menor altitud en el FAP.

18/44



## SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FINAL (FAS)

### CORRECCIÓN POR TEMPERATURA



- PANS-OPS (APV/Baro-VNAV) >> Baja temperatura.
  - ➔ Alta temperatura >> error del altímetro >> aumento del VPA >> mayor altitud en el FAP (?!)

19/44



## SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FINAL (FAS)

### CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

- Para calcular la corrección por temperatura considerando valores no-normales (ADEL, QNH, etc) >> fórmula:

$$\Delta h_{CORRECCIÓN} = \Delta h_{PAeronave} - \Delta h_{GAeronave} = (-\Delta T_{std}/L_o) \ln[1 + L_o \Delta h_{PAeronave} / (T_o + L_o \cdot h_{PAeródromo})]$$

- $\Delta h_{PAeronave}$  = Altura de la aeronave con respecto al aeródromo (presión)
- $\Delta h_{GAeronave}$  = Altura de la aeronave con respecto al aeródromo (geopotencial)
- $\Delta T_{std}$  = desviación de la temperatura respecto de la temperatura diurna de la atmósfera internacional (ISA)
- $L_o$  = gradiente vertical de la temperatura de referencia, con altitud de presión en la primera (nivel del mar hasta la tropopausa) de la ISA
- $T_o$  = temperatura de referencia al nivel del mar

20/44



## SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FINAL (FAS)

### CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

- La corrección por baja temperatura >> Tablas.
  - Tablas consideran un aeródromo al nivel del mar >> más castigador para aeródromos situados a más altura.
- Temperatura publicada en la IAC >> media redondeada al múltiplo inferior de 5°C
- Temperatura utilizada en la Tabla >> redondeada al múltiplo inferior de 10°C
- Altura en el FAP >> redondeada a la altura superior

21/44



## SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FINAL (FAS)

### CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

Tabla III-3-4-Ap A-2. Corrección por temperatura para calcular el ángulo de la FAS (ft)

Nota.—  $T$  = temperatura en el aeródromo (°C),  $H$  = altura del FAP por encima del umbral (ft). **VPA**

| T°C/H | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 2 500 | 3 000 | 3 500 | 4 000 | 4 500 | 5 000 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0     | 55    | 83    | 111   | 139   | 167   | 195   | 223   | 251   | 280   |
| -10   | 96    | 144   | 192   | 240   | 289   | 337   | 387   | 436   | 485   |
| -20   | 139   | 201   | 279   | 350   | 421   | 492   | 563   | 635   | 708   |
| -30   | 186   | 280   | 374   | 469   | 564   | 659   | 755   | 852   | 949   |
| -40   | 237   | 357   | 477   | 580   | 719   | 842   | 965   | 1 088 | 1 212 |
| -50   | 293   | 441   | 590   | 739   | 890   | 1 041 | 1 193 | 1 347 | 1 500 |

**Ejemplo:** Temperatura: -4°C / Altura en el FAP: 1780ft

22/44



## SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FINAL (FAS)

### TEMPERATURA MÍNIMA DEL AERÓDROMO

- La mínima temperatura del aeródromo es la media más baja del mes más frío de los últimos 5 años.
  - La temperatura debe ser redondeada a la baja al incremento de 5°C.
  - Se calcula el  $\alpha_{FAS}$  y, si resulta menos de 2.5°, el VPA se incrementará para asegurarse  $\alpha_{FAS} > 2.5^\circ$ .
  - Al aumentar el VPA >> parámetros cambian (altura FAP, longitud del tramo precedente, etc).
  - No se aplica restricción de temperatura mínima para aeronaves con sistema de compensación aprobado.

23/44



## SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FINAL (FAS)

# Preguntas?!



EJERCICIO

24/44

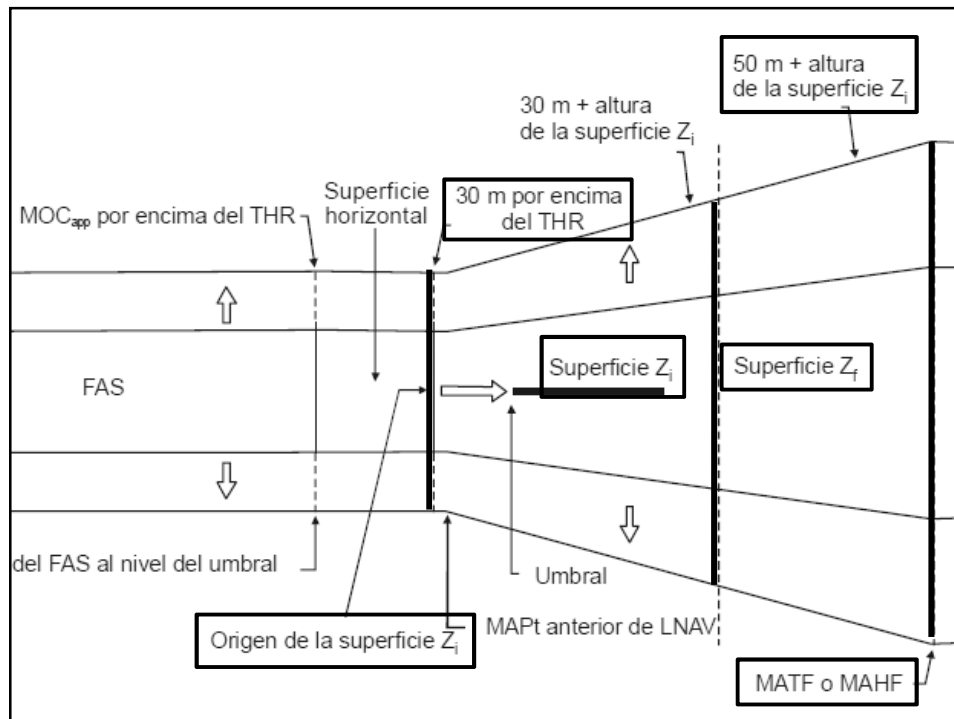


## SUPERFICIES APV-OAS

### SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA (Z)

- La superficie de aproximación frustrada (Z) se compone de dos superficies:
  - ➔ Superficie de aproximación frustrada intermedia ( $Z_i$ )
  - ➔ Superficie de aproximación frustrada final ( $Z_f$ )
- OBS: El tramo Inicial de la AF está incluido en las superficies OAS  $Z_i$  y  $Z_f$ .
- El sistema RNAV debe tener la capacidad para cambiar a guía de rumbo positiva en una aprox. frustrada >> permitir la utilización de áreas secundarias.

25/44



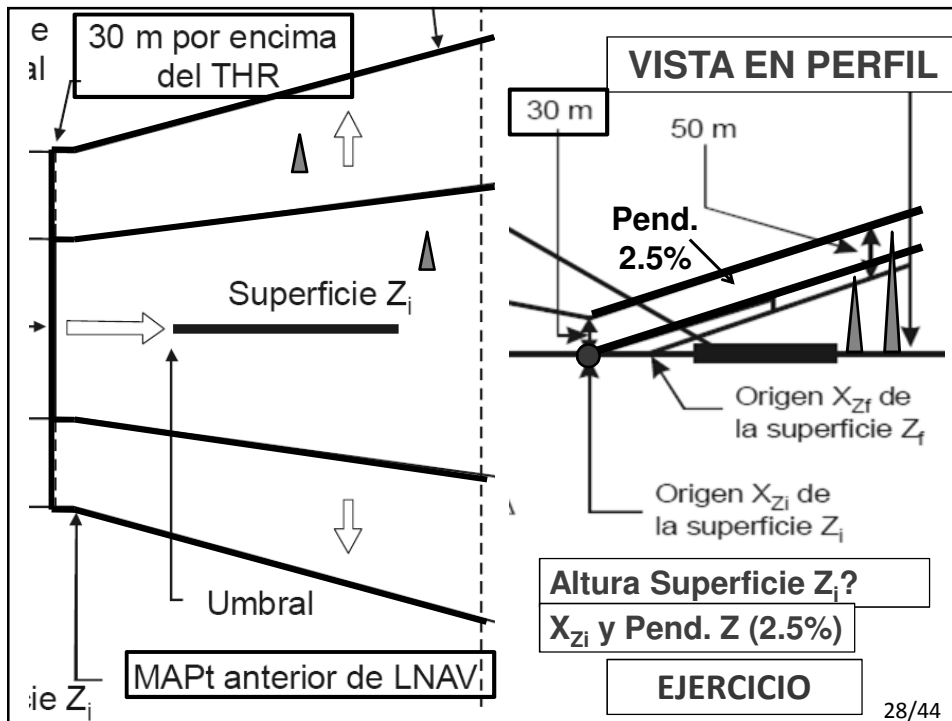


## SUPERFICIE APROX. FRUSTRADA (Z)

### SUPERFICIE DE APROX. FRUSTRADA INTERMEDIA ( $Z_i$ )

- El origen de la superficie  $Z_i$  está al nivel del umbral, a una distancia  $X_{Z_i}$  del umbral.
- Termina en el punto en que se puede alcanzar y mantener un MOC de 50m.
- La pendiente nominal es 2.5% >> 3, 4 y 5%.
- Los bordes laterales se definen por el LNAV y la altura del Plano es:
  - Área Primaria: Altura de la trayectoria definida por Z
  - Área Secundaria: Altura de la área primaria, más la MOC equivalente (30m) en el área secundaria.

27/44





## SUPERFICIE APROX. FRUSTRADA (Z)

# Preguntas?!



29/44



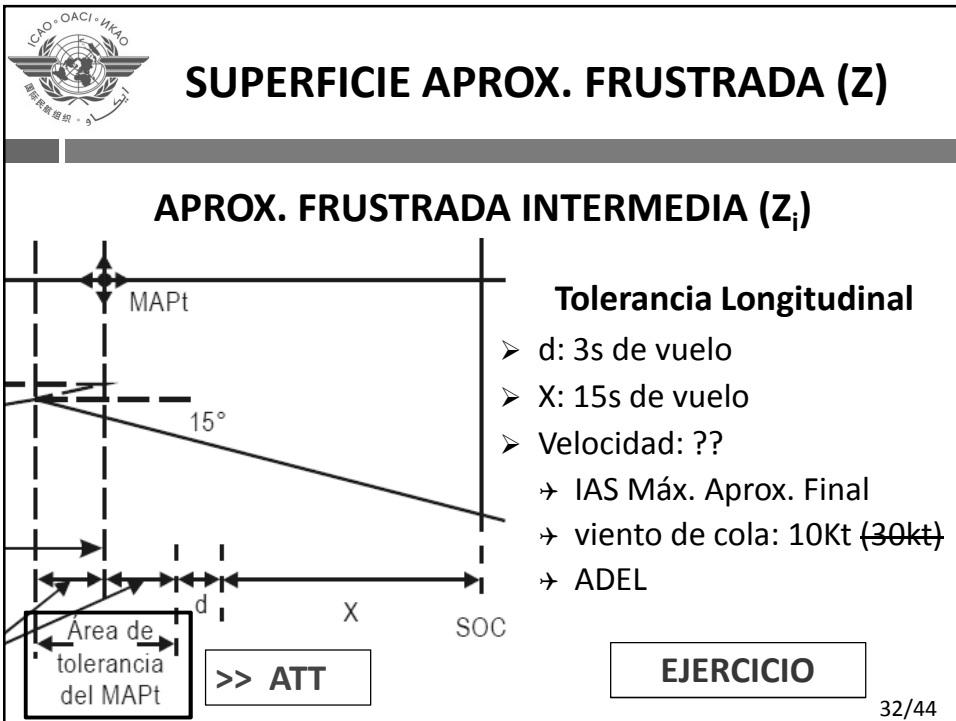
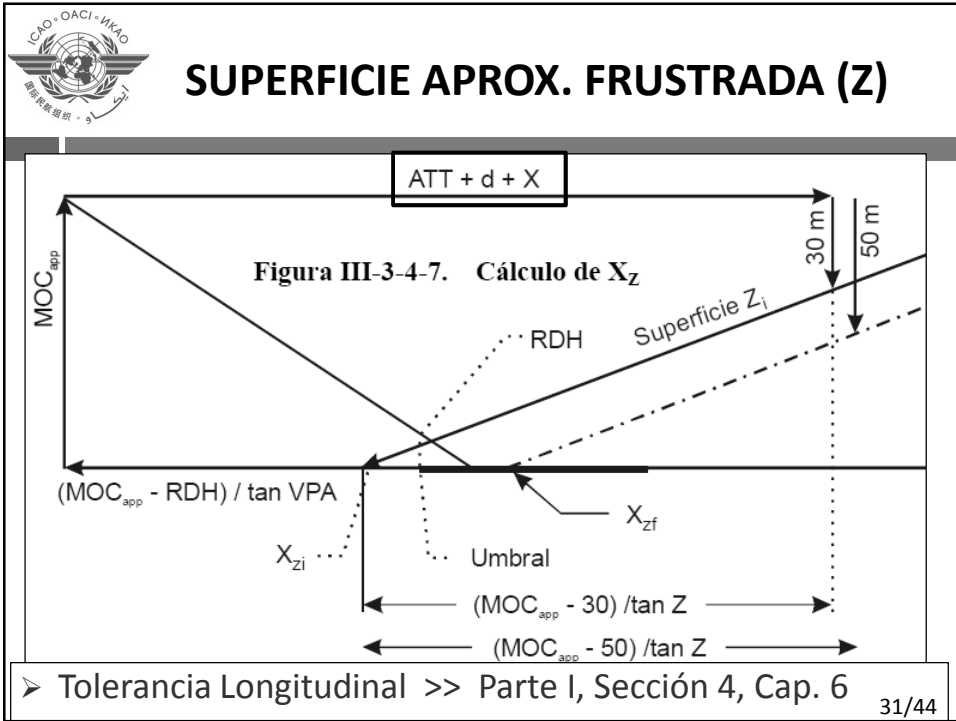
## SUPERFICIE APROX. FRUSTRADA (Z)

### APROX. FRUSTRADA INTERMEDIA (Z<sub>i</sub>)

$$X_{Z_i} = (MOC_{app} - RDH) / \tan VPA - \boxed{ATT - d - X} + (MOC_{app} - 30) / \tan Z$$

- $X_{Z_i}$  = origen de la superficie intermedia de aproximación frustrada  
 $MOC_{app}$  = MOC para aproximación  
 $RDH$  = altura de referencia para la trayectoria vertical  
 $ATT$  = tolerancia paralela a la derrota  
 $\tan Z$  = pendiente de la superficie de aproximación frustrada (2,5%, y opcionalmente valores de 3, 4 y 5%).

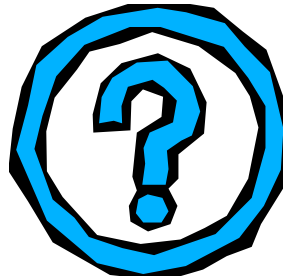
30/44





## APROX. FRUSTRADA INTERMEDIA ( $Z_i$ )

# Preguntas?!



33/44



## SUPERFICIE APROX. FRUSTRADA ( $Z$ )

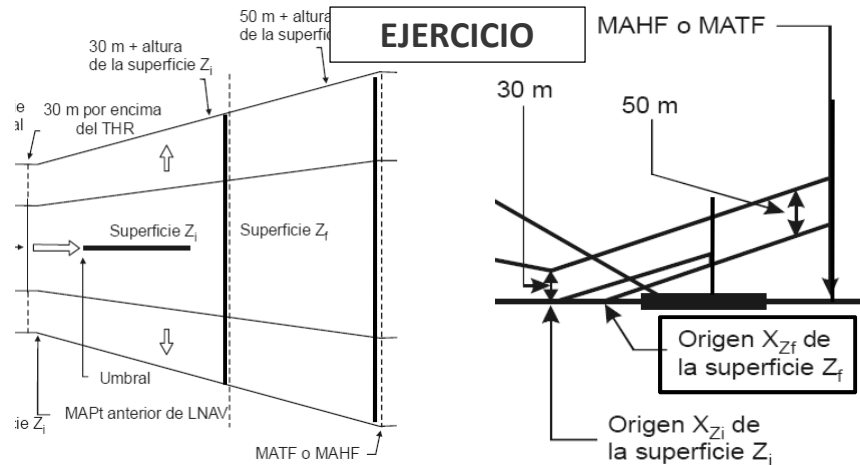
### SUPERFICIE DE APROX. FRUSTRADA FINAL ( $Z_f$ )

- La superficie  $Z_f$  comienza en el punto en que se alcanza y se mantiene un MOC de 50m.
- Termina al terminar el tramo APV (MATF / MAHF).
- La pendiente nominal es 2.5% >> 3, 4 y 5%.
- Los bordes laterales se definen por el LNAV y la altura del Plano es:
  - Área Primaria: Altura de la trayectoria definida por  $Z$ , con origen en  $X_{Zf}$
  - Área Secundaria: Altura de la área primaria, más la MOC equivalente (50m) en el área secundaria.

34/44



## SUPERFICIE APROX. FRUSTRADA (Z)



$$X_{Z_f} = (MOC_{app} - RDH) / \tan VPA - ATT - d - X + (MOC_{app} - 50) / \tan Z$$



## APROX. FRUSTRADA FINAL ( $Z_f$ )

**Preguntas?!**





## SUPERFICIES APV-OAS

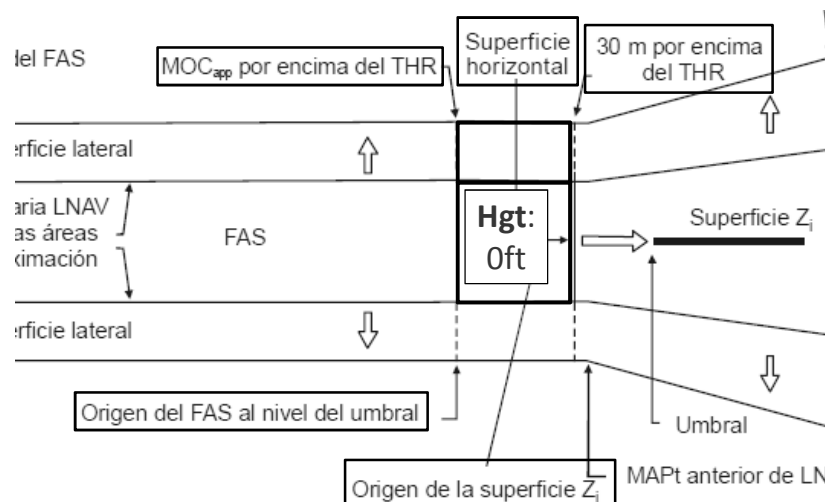
### PLANO HORIZONTAL

- Los límites del Plano Horizontal se definen entre el origen de la FAS ( $X_{FAS}$ ) y entre el origen de la superficie de aproximación frustrada ( $Z_i$ ).
- Los bordes laterales se definen por el LNAV y la altura del Plano es la siguiente:
  - Área Primaria: Altura del umbral
  - Área Secundaria: Altura de la área primaria, más la MOC equivalente en el área secundaria.
  - El borde exterior tiene un valor de  $MOC_{APP}$  en la  $X_{FAS}$ , disminuyendo a 30 metros en la  $Z_i$ .

37/44



### PLANO HORIZONTAL



38/44

ICAO • OACI • ИКАО  
国际民航组织

## PLANO HORIZONTAL

**EJERCICIO**

30 m      50 m

MOC<sub>app</sub>      MOC<sub>app</sub>

FAS

Distancia FAP + ATT

Origen  $X_{Z_f}$  de la superficie  $Z_f$

➤ El MOC en el área secundaria disminuye desde 75m hasta 30m >> calcular la MOC<sub>sec</sub> a ser empleada!

39/44

ICAO • OACI • ИКАО  
国际民航组织

## PLANO HORIZONTAL

### PLANO HORIZONTAL

➤ En el Apéndice B figuran ecuaciones para calcular la altura en un lugar  $(x, y)$ .

(Umbral de la pista)

eje y

$X_2$        $(X_2, Y_2, Z_2)$        $(X_4, Y_4, Z_4)$

Borde del área primaria

Borde del área secundaria

eje x  
(Eje de la pista)

$X_{FAS}$        $(X_1, Y_1, Z_1)$        $(X_3, Y_3, Z_3)$

40/44



## PLANO HORIZONTAL

### PLANO HORIZONTAL

- En el Apéndice B figuran ecuaciones para calcular la altura en un lugar (x, y).

$$X5 = X$$

$$Y5 = Y1 + (Y2 - Y1) \times [(X1 - X) / (X1 - X2)]$$

$$Z5 = Z1 + (Z2 - Z1) \times [(X1 - X) / (X1 - X2)]$$

$$X6 = X$$

$$Y6 = Y3 + (Y4 - Y3) \times [(X3 - X) / (X3 - X4)]$$

$$Z6 = Z3 + (Z4 - Z3) \times [(X3 - X) / (X3 - X4)]$$

$$Z = Z5 + (Z6 - Z5) \times [(Y - Y5) / (Y6 - Y5)]$$

Definiciones de vértices

$$X1 = X3 = X_{FAS}$$

$$X2 = X4 = X_{Zi}$$

Y1 y Y2 = distancia del borde del área prim

Y3 y Y4 = distancia del borde del área secu

$$Z1 = Z2 = 0$$

$$Z3 = MOC_{app}$$

$$Z4 = 30 \text{ m}$$

### EJERCICIO

41/44

## TRAMO APV

### TEMARIO

- Superficie APV-OAS
- Superficie de Aproximación Final (FAS)
- Corrección de Temperatura
- Superficie de Aproximación Frustrada Intermedia y Final
- Plano Horizontal

42/44