



**ANÁLISIS DE LOS PROCEDIMIENTOS RNAV (GNSS) /  
BARO VNAV PARA LA PISTA 21 DEL AEROPUERTO  
“JOSÉ JOAQUÍN DE OLMEDO” DE LA CIUDAD DE  
GUAYAQUIL**

**Viernes, 31 de julio de 2015**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN
2. ANTECEDENTES
3. GENERALIDADES
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO
5. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PROCEDIMIENTO
  - 5.1 CONSTRUCCIÓN DE LAS ÁREAS
  - 5.2 TRAMO DE APROXIMACIÓN INICIAL
    - 5.2.1 FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS
    - 5.2.2 ALTITUD DE INICIO
    - 5.2.3 LONGITUD DEL TRAMO
    - 5.2.4 PENDIENTE DE DESCENSO
  - 5.3 TRAMO DE APROXIMACIÓN INTERMEDIA
    - 5.3.1 FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS
    - 5.3.2 ALTITUD EN EL IF
    - 5.3.3 LONGITUD DEL TRAMO
    - 5.3.4 PENDIENTE DE DESCENSO
  - 5.4 TRAMO DE APROXIMACIÓN FINAL
    - 5.4.1 FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS
    - 5.4.2 ALTITUD EN EL FAF
    - 5.4.3 LONGITUD DEL TRAMO
    - 5.4.4 PENDIENTE DE DESCENSO
    - 5.4.5 SUPERFICIE DE PROTECCIÓN PARA EL TRAMO VISUAL (VSS)
  - 5.5 TRAMO DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA
    - 5.5.1 FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS
    - 5.5.2 CALCULO DEL SOC
    - 5.5.3 PENDIENTE DE ASCENSO
    - 5.5.4 CÁLCULO DE LA MDA/H
    - 5.5.5 MÍNIMOS DE AERÓDROMO

## **6. APV/NAVEGACIÓN VERTICAL BAROMÉTRICA (BARO-VNAV)**

### **6.1 ANGULO DE TRAYECTORIA VERTICAL (VPA)**

### **6.2 TRAMO APV**

#### **6.2.1 FAS**

#### **6.2.2 PLANO HORIZONTAL**

#### **6.2.3 SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA XZ**

### **6.3 EVALUACIÓN DE OBSTÁCULOS**

#### **6.3.1 CALCULO DE LA DA/H**

## **7. PROCEDIMIENTOS DE SALIDA RNAV (GNSS)**

### **7.1 ÁREA DE SALIDA**

### **7.2 SUPERFICIES DE IDENTIFICACIÓN DE OBSTÁCULOS (OIS)**

### **7.3 PENDIENTE DE DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO (PDG)**

## **8. SALIDAS PISTA 21**

### **8.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SALIDA**

### **8.2 EVALUACIÓN DE OBSTÁCULOS**

### **8.3 PENDIENTE DE DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO (PDG)**

## **9. CONCLUSIONES**

## **1. INTRODUCCIÓN**

La construcción de procedimientos con criterios PBN en términos de precisión, integridad y continuidad, se elaboran para la optimización de las operaciones aéreas y el espacio aéreo del TMA de Guayaquil, contemplando el reordenamiento de los flujos de tránsito hacia y desde el Aeropuerto José Joaquín de Olmedo, salidas y llegadas, esperas, y todas las demás fases de vuelo, reduciendo las distancias, tiempo y emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera y consecuentemente con beneficios operacionales a los usuarios, manteniendo los más altos estándares de seguridad operacional requeridos, con respaldo en la infraestructura de instalaciones de equipos, sistemas, servicios y recursos humanos disponibles.

El proyecto también contempla la aplicación del Uso Flexible del Espacio Aéreo (FUA), por las áreas prohibidas y restringidas existentes dentro de ésta TMA reduciendo la carga de trabajo tanto de Controladores de Tránsito Aéreo como de las tripulaciones de vuelo, con el objetivo de mejorar la coordinación y cartas de acuerdo operacionales civil-militar.

## **2. ANTECEDENTES**

La elaboración de éstos procedimientos están desarrollados a fin de cumplir con las directrices y el compromiso adquirido por La Administración Aeronáutica del Ecuador ante la OACI, en referencia a la Resolución A37-11 de la Asamblea de la OACI, por medio de la cual se aprobó la Implantación Mundial de la Navegación Basada en Performance (PBN) y a los compromisos asumidos por los Estados de la Región SAM en la “Declaración de Bogotá”, llevada a cabo en Bogotá Colombia en Diciembre/2013, mediante la cual los Estados se comprometen en cumplir metas hasta el 2016, relacionadas con los Planes Mundiales de Navegación Aérea y de Seguridad Operacional, recientemente aprobados por el trigésimo octavo período de sesiones de la Asamblea de la OACI.

### **3. GENERALIDADES**

El diseño de estas nuevas cartas de aproximación basadas principalmente en función de los requisitos operacionales en el concepto PBN, contempla el diseño de salidas instrumentales, procedimientos de aproximación RNAV, LNAV/APV Baro-VNAV, con criterios CDO y CCO para las dos pistas, respaldados en los criterios contenidos en los manuales de diseño y documentos relacionados de la OACI que sustentan la validez de la construcción de éstos procedimientos: Doc. 8168, Doc. 9931, Manual CDO, Doc. 9993 Manual CCO, Doc. 9613 Manual de Navegación Basada en la Performance (PBN), Doc. 9992 Manual de Uso de Navegación Basada en la Performance para el Diseño de Espacio Aéreo, entre otros. Los mismos permitirán ordenar los flujos de entrada y salida del aeropuerto de Guayaquil, reduciendo la carga de trabajo tanto de pilotos como de controladores de tránsito aéreo, incrementar la capacidad del espacio aéreo, trayectorias de aproximación y salida más directas y eficientes, mejorando los estándares de seguridad en la Gestión de Tránsito Aéreo en la TMA de Guayaquil y en los espacios aéreos adyacentes.

### **4. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

El Procedimiento para la pista 21, inicia en los Puntos de Aproximación Inicial (IAF). Se ha establecido una configuración de entrada en barra T para atender al tránsito que ingresan de todos los sectores hacia la ciudad de Guayaquil, una disposición en barra T permite entrar directamente al procedimiento desde cualquier dirección, siempre que la entrada se realice desde la región de captación asociada a un IAF. Una región de captación se define en términos de un ángulo incluido en el IAF.

Los tramos iniciales laterales se basan en diferencias de curso de 90° con respecto a la derrota del tramo intermedio. Esta disposición garantiza que el cambio de curso en el IAF que exige la entrada desde una región de captación no sea superior a 110°.

IAF NEVDA 15 NM de Umbral de Pista 21

IAF REGAP 15 NM de Umbral de Pista 21

IAF SIDEV 16 NM de Umbral de Pista 21



**Altitud de inicio.-** Aplicando criterios de descenso continuo CDO manual 9931 las altitudes son:

IAFs NEVDA y REGAP = 3500ft

IAF SIDEV = 4000ft

Luego de iniciar el procedimiento en el respectivo IAF, continua el descenso hasta el Punto de Aproximación Intermedia (IF) el cual es un punto de sobrepaso situado a 10 NM del Umbral de pista, la altitud requerida en el IF es de 2500 ft, posteriormente continua hasta el Punto de Aproximación Final (FAF) situado a una distancia de 6 NM del Umbral de Pista 21, altitud de 2000 ft, en este punto comienza la aproximación final con una pendiente optima del 5.2% dejara a la aeronave sobre la pista o en el punto de inicio de una aproximación frustrada MAPT, de donde la aeronave mantendrá Rumbo de Pista 212° hacia SELDI a/o por encima de 2000 ft luego viraje derecho a SIDEV 4000 ft para incorporarse al circuito de espera.

## **5. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

Para la revisión del franqueamiento de obstáculos se utiliza la cartografía digital del Instituto Geográfico Militar, AIP del Ecuador, y último levantamiento georeferenciado de la infraestructura del Aeropuerto José Joaquín Olmedo de la Ciudad de Guayaquil y obstáculos en las inmediaciones. Como herramientas para diseño se utiliza. Google Earth, Auto-CAD y calculadora Geográfica. Los criterios aplicados PANS-OPS.

### **5.1 CONSTRUCCIÓN DE LAS ÁREAS.**

Una vez que se han determinado los puntos Inicial, Intermedio, Final y Punto de Inicio de Aproximación Frustrada, se elaboran las áreas de protección del procedimiento en sus diferentes segmentos (tramos), primaria y secundaria con

base a los parámetros y especificaciones OACI Doc. 8168, Parte 3, Capítulo 1 y 2 con las siguientes dimensiones de áreas:

<i>En ruta/STAR/SID (&gt;30 NM del ARP)</i>			<i>STAR/IF/IAF/SID (&lt;30 NM del ARP)</i>			<i>SID (&lt;15 NM del ARP)</i>		
<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>	<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>	<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>
2,00	1,60	5,00	1,00	0,80	2,50	1,00	0,80	2,00

**Tabla III-1-2-18. XTT, ATT y semianchura del área para RNAV 1 y RNAV 2 (CAT A a E) en las fases de vuelo en ruta, de llegada, de aproximación inicial/intermedia y de salida (NM)**

<i>IF/IAF/aproximación frustrada (&lt;30 NM del ARP)</i>			<i>FAF</i>			<i>MAPt/aproximación frustrada inicial en línea recta (LP/LPV solamente)</i>			<i>Aproximación frustrada (&lt;15 NM del ARP)</i>		
<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>	<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>	<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>	<i>XTT</i>	<i>ATT</i>	<i>½ A/W</i>
1,00	0,80	2,50	0,30	0,24	1,45	0,30	0,24	0,95	1,00	0,80	2,00

**Tabla III-1-2-14. XTT, ATT y semianchura del área para RNP APCH (aviones) en las fases de vuelo de aproximación inicial/intermedia/final y de aproximación frustrada (NM)**

La construcción de las Áreas de protección del procedimiento permite evaluar la no existencia de obstáculos influyentes en los tramos de Aproximación IAF, IF, FAF. En el Tramo de Aproximación Frustrada, existe la presencia de varios obstáculos que serán los que determinen las altitudes mínimas de descenso MDA/H como podremos observar más adelante.

## 5.2 TRAMO DE APROXIMACIÓN INICIAL

El tramo de Aproximación inicial comienza en el punto de referencia de aproximación inicial (IAF). Para los procedimientos que no son de precisión, el ángulo de interceptación entre una derrota de aproximación inicial y la derrota intermedia no excederán de 90° (Doc. 8168).

Para los IAFs REGAP y SIDEV el ángulo es de 90°, y el IAF NEVDA está alineado con el IF.

### **5.2.1 FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS**

En el tramo de aproximación inicial existe un obstáculo de 333mts, luego del análisis realizado nos determina que no es influyente.

OBST 1 Antena 333mts=1092.5 ft

Área= Primaria- IAF NEVDA

MOC Tramo inicial= +1000 ft

OBST + MOC= **2092.5 ft** Altitud en el IF 2500ft

No existen otros obstáculos que puedan afectar las áreas de aproximación inicial del procedimiento.

### **5.2.2 ALTITUD DE INICIO.**

La altitud de procedimiento del tramo de aproximación inicial debería establecerse de forma que permita a las aeronaves interceptar la pendiente de descenso del tramo final desde el propio tramo intermedio.

Las altitudes de inicio de los Procedimientos son:

NEVDA y REGAP = 3500ft 5NM del IF

SIDEV = 4000ft 6 NM del IF

### **5.2.3 LONGITUD DEL TRAMO.**

Para establecer la separación óptima entre la ubicación de los WP iniciales (IAFs, REGAP y SIDEV) con el WP intermedio (IF, LOGED), es necesario determinar la distancia mínima de separación (MSD) entre estos WP, y así evitar que mencionados puntos estén muy cercanos entre sí.

El presente estudio se realizó para aeronaves de hasta categoría “D” con una IAS de 210kt para REGAP, y de 230Kt para SIDEV.

## SIDEV 6 NM

ALTITUD 4000 ft  
IAS **230 KT**  
ANGULO 25°  
FACTOR 1.0892  
VIENTO 30 KT  
CAMBIO DE CURSO 90°  
TAS (230X1.0892) + 30 KT= **280 KT**

MSD=L1+L2  
L1= r x tan /2  
L2= c x V/3600  
3431 x tan 25°/ x V R= 1.82°/seg  
r= V/20 x R r = 2.45 NM  
L1= 2.45 x tan 45 L1= 2.45  
L2= 5 x 0.077 L2= 0.38  
MSD= **2.83** MSD TOTAL = 2.83 X 2 = **5.66 NM**

R= velocidad angular  
r= radio de viraje  
= ángulo de viraje R=  
c= retardo de 5seg

## REGAP 5 NM

ALTITUD 4000 ft  
IAS **210 KT**  
ANGULO 25°  
FACTOR 1.0892  
VIENTO 30 KT  
CAMBIO DE CURSO 90°  
TAS (210X1.0892) + 30 KT= 259 KT

MSD=L1+L2  
L1= r x tan /2  
L2= c x V/3600  
R= 3431 x tan 25°/ x V R= 1.96  
r= V/20 x R r = 2.10  
L1= 2.10 x tan 45 L1= 2.10  
L2= 5 x 0.072 L2= 0.36  
MSD= **2.46** TRA TOTAL = 2.46 X 2 = **4.92 NM**

## 5.2.4 PENDIENTE DE DESCENSO

### REGAP

DISTANCIA = 4.92NM  
ALTITUD = 3500FT  
ALTITUD IF = 2500

$$\% = (3500-2500)/(4.92 \times 6076.1) = 3.34\% = 1.91^\circ = 203 \text{ ft/NM}$$

#### **NEVDA**

DISTANCIA = 5NM

ALTITUD = 3500FT

ALTITUD IF = 2500

$$\% = (3500-2500)/(5 \times 6076.1) = 3.3\% = 1.9^\circ = 200 \text{ ft/NM}$$

#### **SIDEV**

DISTANCIA= 5.66NM

ALTITUD = 4000ft

ALTITUD IF = 2500

$$\% = (4000-2500)/(5.66 \times 6076.1) = 4.43\% = 2.5^\circ = 265 \text{ ft/NM}$$

### **5.3 TRAMO DE APROXIMACIÓN INTERMEDIA.**

El tramo de aproximación intermedio va transformando poco a poco el tramo de aproximación inicial en el tramo de aproximación final, en este tramo se realizan los ajustes de configuración, velocidad y posicionamiento para entrar al tramo final y realizar una aproximación estabilizada.

#### **5.3.1 FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS.**

No existen obstáculos influyentes en el Tramo de Aproximación Intermedia para la Pista 21 de la ciudad de Guayaquil.

#### **5.3.2 ALTITUD EN EL IF.**

La altitud establecida en el Punto de Aproximación Intermedia es de 2500 ft.

#### **5.3.3 LONGITUD DEL TRAMO**

El tramo intermedio con un viraje de paso en el IF (para REGAP Y SIDEV), consiste en dos componentes:

- a) un componente de viraje seguido por:
- b) una componente recta inmediatamente antes del punto de recorrido de aproximación final.

De acuerdo a la tabla Sección 2, Capítulo 1, Tabla III-2-1-9 del *Doc. 8168* La distancia mínima de estabilización es inferior a 3NM. Se establece la longitud del tramo intermedio en 4NM.

## **PENDIENTE DE DESCENSO**

ALTITUD IF = 2500 ft

ALTITUD FAF= 2000 ft

DISTANCIA = 4 NM

$\% = (2500-2000)/4 \times 6076.1 = 2.0\% = 1.18^\circ = 125 \text{ FT/NM}$

NOTA: Este segmento tiene esas características porque se ha planificado acoplar el segmento final del procedimiento ILS (tramo de precisión), con el tramo intermedio del procedimiento RNAV (GNSS) para la pista 21.

## **5.4 TRAMO DE APROXIMACIÓN FINAL**

El tramo de aproximación final, se inicia sobre el FAF a una altitud de 2000 ft y tiene una extensión de 6 NM, culmina en el MAPt a una altitud de 550ft, y a 1.4 NM del Umbral.

### **5.4.1 FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS**

No existen obstáculos determinantes para el tramo de aproximación final, son de mayor influencia los obstáculos que tenemos en la Aproximación Frustrada.

### **5.4.2 ALTITUD EN EL FAF**

Realizando un cálculo inverso desde el Umbral de pista, con una pendiente de descenso de 5.2% a una distancia de 6 NM, la altitud requerida en el Punto de Aproximación Final es de (+/-) 2000 ft.

### **5.4.3 LONGITUD DEL TRAMO**

La longitud óptima es de 9,3 km (5,0 NM), pero normalmente no debería exceder de 18,5 km (10,0 NM). La longitud mínima del tramo final y la

distancia entre el FAF y el Umbral no será inferior a 5,6 km (3,0 NM) excepto para Cat H. Se establece una longitud de 6 NM para el tramo de aproximación final.

#### **5.4.4 PENDIENTE DE DESCENSO**

La pendiente optima de descenso es de 5.2% para el tramo de aproximación final, que es el equivalente al ángulo de planeo óptimo para procedimientos de precisión CAT I

$$g = h/d$$

h= distancia horizontal entre el FAF y (TCH+ALT.UMBRAL)

d= distancia horizontal desde el FAF hasta el umbral

$$\text{TCH} = 88\text{ft} \quad \text{Umbral} = 13\text{ft}$$

**NOTA: El TCH sobre el DTDR será de 65ft.**

$$g = 2000 - (88 + 13) / (6 \times 6076.1)$$

$$g = 5.2\% \Rightarrow 3^\circ$$

#### **5.4.5 SUPERFICIE DE PROTECCIÓN PARA EL TRAMO VISUAL (VSS)**

Todos los procedimientos de aproximación directa por instrumentos deben estar protegidos respecto a obstáculos en el tramo visual. Con esta finalidad ningún obstáculo penetrará lateralmente en una superficie de tramo visual (VSS).

La anchura de base es igual a la anchura de la franja de pista y comienza a 60mts antes del umbral, ensanchándose el 15% a cada lado de la prolongación del eje de la pista, termina en el punto en el que la altura de la superficie alcanza la OCH. En el sentido vertical, la VSS comienza a la altura del umbral de la pista y tiene una pendiente de 1.12° menos que el ángulo del procedimiento de aproximación promulgado.

Los obstáculos de una altura inferior a 15mts por encima del umbral podrían no tenerse en cuenta cuando se evalúa la VSS. (DOC. 8168, Parte1, sec. 4, Cap. 5)

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el análisis de obstáculos determina que no existen obstáculos que penetren la Superficie del Segmento Visual (VSS) para la pista 21 del Aeropuerto de Guayaquil.

## 5.5 TRAMO DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA

El tramo de Aproximación Frustrada comienza cuando la aeronave al alcanzar la MDA/H no tiene referencia visual con la pista o con las luces de aproximación.

### Fases del tramo de aproximación frustrada. (Doc. 8168)

“En principio, el tramo de aproximación frustrada comienza en el MAPt e incluye las tres fases siguientes:

**Fase inicial** comienza en el MAPt anterior, y se extiende hasta el comienzo del ascenso (SOC);

**Fase intermedia** se extiende desde el SOC hasta el punto donde por primera vez se obtiene y se puede mantener una altura de 50 m (164 ft) [Cat H, 40 m (132 ft)] para el franqueamiento de obstáculos; y

**Fase final** se extiende hasta el punto donde comienza una nueva aproximación, un circuito de espera o un retorno a un vuelo en ruta. Durante esta fase se pueden realizar virajes”.

### 5.5.1 FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS

Existen varios obstáculos que penetran las áreas de protección primaria y secundaria del tramo de aproximación frustrada, los cuales son determinantes para establecer la MDA/H del procedimiento.

Obst 1	132mts	Edificio Finansur +Antena
Obst 2	189mts	Antena Ecuavisa
Obst 3	183mts	Antena Gama TV

### 5.5.2 CÁLCULO DEL COMIENZO DEL SOC

SOC= Tolerancia del MAPt + la distancia de transición (X)

Tolerancia del MAPt = Tolerancia total del punto de referencia (ATT) más una distancia (d) tiempo de reacción del piloto de 3seg de vuelo a la TAS de aproximación final más elevada para cada categoría de aeronave más un factor de viento de cola de 10Kt.

La distancia de transición (X) se basa en 15seg de vuelo a la TAS de aproximación final más elevada para cada categoría de aeronave, a la elevación del aeródromo y con una temperatura ISA + 15 °C y un viento de cola de 10Kt.

IAS = 185Kt (velocidad máxima cat. D)

Elevación= MSL factor 1.0257

TAS =  $185 \times 1.0257 + 10 \text{Kt} = 199.75 \text{Kt}$

TAS = 200Kt

ATT= 0.24NM

d=  $200 \times 3 \text{seg} / 3600 \text{seg} = 0.1666 \text{NM}$

X=  $200 \times 15 \text{seg} / 3600 \text{seg} = 0.8333 \text{NM}$

SOC=  $0.24 + 0.1666 + 0.8333 = 1.24 \text{NM} = 2296 \text{mts}$

### 5.5.3 PENDIENTE DE ASCENSO

La pendiente de ascenso en el tramo de aproximación frustrada, deberá establecerse de tal manera que proteja a la aeronave contra los obstáculos existentes en el tramo, y considerando los valores mínimos y máximos de pendientes de ascenso de acuerdo a la categoría de aeronave en mención.

Con base a los cálculos realizados para determinar la MDA/H, la pendiente de ascenso requerida es del **5%**

#### 5.5.4 CÁLCULO DE LA MDA/H

“En la fase final de una aproximación frustrada en línea recta, el margen mínimo para franqueamiento de obstáculos deberá ser 50 m (164 ft) [Cat H, 40 m (132 ft)] en el área primaria, reduciéndose linealmente hasta cero en el borde exterior del área secundaria”. (*Doc. 8168, Parte 1, sec. 4, Cap. 6*)

Elev THR RWY 21 = 13ft

**Obst 1** 132mts = **433ft** (Área primaria)

MOC = 164ft

Ubicación X= 4652mts Y=144mts Lat. 2°11'17.43"S Long. 79°53'37.23"O

Distancia para ascenso= X-SOC+ATT = 4652-2296+444=2800mts

Altitud al 5%= 2800 x 0.05=140mts= **460ft**

MDA= Alt. Obs – Alt. Al 5% + Moc

**MDA/H= 433-460+164+13= 150/137ft**

**Obst 2** 189mts = **620ft** (Área primaria)

MOC = 164ft

Ubicación X= 3464mts Y=1334mts Lat. 2°10'53.47"S Long. 79°53'1.28"O

Distancia para ascenso= X-SOC+ATT = 3464-2296+444=1612

Altitud al 5%= 1612x0.05= 80.6= 264ft

MDA= Alt. Obs – Alt. Al 5% + Moc

**MDA/H= 620-264+164+13= 540/527ft**

**Obst 3** 183mts = **600ft**

MOC = 164ft

Ubicación X= 3108mts Y=1575mts Lat. 2°10'47.31"S Long. 79°52'48.90"O

Distancia para ascenso= X-SOC+ATT = 3108-2296+444=1256

Altitud al 5%= 1256x0.05= 62.8mts = **206ft**

El Obstáculo se encuentra en el área de protección secundaria por lo tanto debemos encontrar MOC reducida de acuerdo a la posición del obstáculo referente al borde der área primaria.

**Wsp** = Anchura del área secundaria en un punto

$$Wsp = (Dp + ATT \times \tan 15^\circ + \frac{1}{2} A/W) / 2$$

Dp = Distancia del punto

ATT = Tolerancia del punto de referencia (MAPt)

$\frac{1}{2} A/W$  = Semianchura del área en el Mapt

$$Wsp = 3108 + 444 \times \tan 15^\circ + 1760 / 2 = 1355 \text{mts}$$

El MOC de un punto en el área secundaria se puede obtener por una interpolación lineal desde el MOC total en el borde del área primaria, reduciendo hasta cero en el borde del área secundaria.

Distancia en Y = 1575

$$MOCsy = MOCp \times (1 - Y/Wsp) = 164 \times (1 - 1575/1355) = 26.6 \text{ft}$$

$$MOC \text{ reducida} = 164 - 26.6 = 137.4 \text{ft}$$

MDA = Alt. Obst – Alt. Al 5% + Moc reducida

$$MDA/H = 600 - 206 + 137 + 13 = 550/537 = \text{ft}$$

La **MDA** resultante para el procedimiento: **LNAV ES DE 550ft.**

### 5.5.5 MÍNIMOS DE AERÓDROMO

Los valores mínimos de utilización de un aeropuerto se determinan teniendo en cuenta la MDA/H, que es la altura por debajo de la cual el avión no debe descender si no tiene a la vista el umbral de la pista, la zona de toma de contacto, la iluminación de aproximación o las señales identificables de la pista.

Teniendo en cuenta criterios OACI, en el documento 9365 cap. 6, encontramos los valores para establecer los mínimos de visibilidad.

Para una MDA/H comprendida entre 541 – 560 ft

La visibilidad requerida para las aproximaciones a pista 21 es de 2300 mts.

FALS	IALS	BALS	NALS
1800	2100	<b>2300</b>	<b>2500</b>

## 6. APV/NAVEGACIÓN VERTICAL BAROMÉTRICA (BARO-VNAV)

“Los procedimientos de aproximación baro-VNAV se clasifican como procedimientos APV en apoyo a operaciones de aproximación 3D de tipo A. En éstos se utiliza una DA/H y no una MDA/H, y no se identifica ningún FAF ni ningún punto de aproximación frustrada (MAPt). Se utilizan superficies de evaluación de obstáculos similares a las del ILS, pero basadas en el sistema específico de guía lateral. Los procedimientos baro-VNAV se utilizan conjuntamente con los procedimientos LNA únicamente. Los FAF y MAPt de los procedimientos LNAV únicamente se utilizan para definir las áreas laterales y para apoyar la guía lateral, pero no se usan para la función de navegación vertical” *Doc. 8168*

### 6.1 ÁNGULO DE TRAYECTORIA VERTICAL (VPA)

El VPA efectivo difiere del promulgado, dado que su valor depende de la elevación del Aeródromo y de la temperatura, un VPA óptimo es de 3°, Un VPA promulgado debe corresponder a un VPA efectivo a lo largo de un año y cuyo valor sea lo más próximo a 3°.

El Aeropuerto de la ciudad de Guayaquil está situado al nivel medio del mar, por lo que se puede publicar un VPA de 3°, quedando el VPA efectivo dentro de los valores óptimos. (Referencia tabla Tabla III-3-4-1 Doc. 8168).

De la misma manera observando la tabla de comparación entre VPA efectivo vs Promulgado podemos establecer que para sistemas BARO-VNAV no

compensados, la Aproximación no será autorizada con temperaturas inferiores a 0°C y máximo 50°C.

Tabla III-3-4-1. Comparación del VPA efectivo y del promulgado en función de la elevación del aeródromo y la temperatura

(Verde: óptimo; Amarillo: no normalizado; Naranja: prohibido)

Temp (C°)	VPA promulgado 2,8°			VPA promulgado 3,0°			VPA promulgado 3,2°		
	Elevación del aeródromo			Elevación del aeródromo			Elevación del aeródromo		
	MSL	3 000 ft	6 000 ft	MSL	3 000 ft	6 000 ft	MSL	3 000 ft	6 000 ft
50	3,14	3,21	3,28	3,37	3,44	3,51	3,59	3,67	3,75
40	3,05	3,11	3,18	3,26	3,33	3,40	3,48	3,55	3,63
30	2,95	3,01	3,07	3,16	3,22	3,29	3,37	3,44	3,51
20	2,85	2,91	2,97	3,05	3,12	3,18	3,26	3,32	3,40
10	2,75	2,81	2,87	2,95	3,01	3,07	3,14	3,21	3,28
0	2,65	2,71	2,77	2,84	2,90	2,96	3,03	3,10	3,16
-10	2,55	2,61	2,66	2,74	2,79	2,85	2,92	2,98	3,04
-20	2,46	2,51	2,56	2,63	2,69	2,74	2,81	2,87	2,93
-30	2,36	2,41	2,46	2,53	2,58	2,63	2,70	2,75	2,81
-40	2,26	2,31	2,36	2,42	2,47	2,53	2,58	2,64	2,70
-50	2,16	2,21	2,26	2,32	2,36	2,42	2,47	2,52	2,58

## 6.2 TRAMO APV

Contiene el tramo final del descenso, así como el tramo inicial e intermedio de la Aproximación Frustrada.

**OAS APV.-** Comienza en el punto de aproximación final (FAP) y terminan en el MAHF, en el MATF o en la altitud de viraje lo que se encuentre primero. Los FAF y MAPt del procedimiento LNAV asociado se usan para definir la geometría y superficies de las áreas.

Las OAS se utilizan para identificar obstáculos que deben tenerse en cuenta, constan de las siguientes superficies.

1. Superficie de aproximación final (FAS)
2. Plano Horizontal: y
3. Superficie de aproximación frustrada (superficie Z)

**1. FAS.-** El origen se encuentra a nivel del umbral y a una distancia de 444mts (ATT) antes del punto en que la trayectoria vertical promulgada alcanza una altura (Hi) especificada por encima del umbral.

Hi = 75mts por debajo de 5000ft AMSL.

RDH= 88ft=27mts

Origen del FAS:

$$X_{FAS} = (H_i - RDH) / \tan VPA + ATT = (75 - 27) / \tan 3^\circ + 444 = \mathbf{1360mts}$$

$$\text{El ángulo FAS} = \tan^{-1} \left( \frac{H_{FAF} - h - H_i}{X_{FAS}} \right) \times \tan VPA \quad h = -17^\circ$$

$$\tan^{-1} = \frac{(518 - (-17) - 75) \times \tan 3^\circ}{518 - 75}$$

$$\tan^{-1} = 0.0544 \quad \text{FAS} = 3.1^\circ = \text{VPA efectivo}$$

La altura del FAS a una distancia X con respecto al umbral se calcula del modo siguiente:

$$h_{FAS} = (X - X_{FAS}) \times \tan^{-1} \text{ FAS}$$

**2. Plano Horizontal.-** “El plano horizontal se define mediante una superficie al nivel del umbral limitada por el área primaria LNAV entre el origen del FAS y el origen de la superficie de aproximación frustrada Z (Xz). Los bordes inferior/interior de las superficies laterales del plano horizontal se definen mediante los bordes del área primaria LNAV al nivel del umbral. Los bordes superior/exterior de las

superficies laterales se definen mediante los bordes externos de las áreas secundarias LNAV a la altura  $H_i$  5 000 de 75 m por H por encima del umbral en el origen de X y los bordes externos del área LNAV, con reducción a 30 m por encima del umbral relativo a la ATT antes del umbral y continuación a 30 m por encima del umbral hasta  $X_z$ ". (*Doc. 8168, Parte 3, sec. 3 cap. 4*)

**3. Superficie de Aproximación Frustrada (Z).**- El comienzo de la superficie de aproximación frustrada está al nivel del umbral entre  $-900$  m y  $-1\ 400$  m con respecto al umbral. Tiene una pendiente nominal del 2,5%. Si la promulgación de pendientes de ascenso en aproximación frustrada superiores al 2,5% nominal conlleva ventajas de índole operacional, la superficie Z y las superficies laterales asociadas pueden ajustarse a pendientes superiores. Si se publica una OCA/H para una pendiente en aproximación frustrada superior al 2,5%, también deberá publicarse la OCA/H para una pendiente en aproximación frustrada del 2,5%.

La superficie Z está limitada lateralmente por el área primaria LNAV. Los bordes inferior/interior de las superficies laterales asociadas se definen mediante los bordes del área primaria en aproximación frustrada LNAV y los bordes externos de las áreas secundarias LNAV a 30 m por encima de la superficie de aproximación frustrada (Z). El comienzo de la superficie Z depende de la categoría de la aeronave. (*Doc. 8168, Parte 3, sec. 3 cap. 4*)

CAT D:  $X_z = -1\ 400$  m

### 6.3 EVALUACIÓN DE OBSTÁCULOS

Los obstáculos que han de tenerse en cuenta se dividen en dos:

- Obstáculos en aproximación
- Obstáculos en aproximación frustrada

Luego del análisis realizado, los obstáculos influyentes que determinaron la MDA para LNAV son los que están en la aproximación frustrada, dentro de los cuales el más influyente también para BARO-VNAV es:

Obst 3 183 mts Antena Gama TV (Superficie lateral).

### 6.3.1 Cálculo de la DA/H

Para los obstáculos en aproximación frustrada que penetran en una superficie lateral, la altura del obstáculo de aproximación equivalente vendrá dada por la fórmula siguiente:

$$ha = \frac{h'ma \times \cot Z + (X - XZ)}{(\cot Z + \cot )}$$

ha = altura del obstáculo de aproximación equivalente

cot Z = cotangente del ángulo de la superficie z

cot = cotangente VPA

Xz = coordenada X de la superficie de aproximación frustrada intermedia (Z)

X = distancia del obstáculo al umbral (positiva antes y negativa después).

h'ma es el nivel de penetración más la altura del borde interior de la superficie lateral a la distancia a lo largo de la derrota del obstáculo que penetra.

Obst 3 183mts = 600ft

MOC = 164ft

Ubicación X= 3108mts Y=1575mts

h'ma= (183 – 30) + 30 x (1 – 1575/1355) = 157.87

h'ma= 157.87mts

$$ha = \frac{h'ma \times \cot Z + (X - XZ)}{(\cot Z + \cot )}$$

$$ha = \frac{157.87 \times \cot 2.5\% + (3108 - 1400)}{(\cot 2.5\% + \cot 3^\circ)}$$

ha= 82.1mts= 269ft HL = 161ft cat D

**DA/H = 269 + 161 + 13 = 450/443ft**

Para una DA/H comprendida entre 441 – 460 ft

La visibilidad requerida para las aproximaciones BARO-VNAV pista 21 es de 1900mts.

FALS	I ALS	<b>BALS</b>	NALS
1 400	1700	<b>1900</b>	2 500

## 7. PROCEDIMIENTOS DE SALIDA RNAV (GNSS)

Para el diseño de los procedimientos de salida RNAV, aplicamos los criterios generales de la parte 1 Sección 3 y de la Parte III, Secciones 1 y 2 (*Doc. 8168*), ampliados o modificados por los criterios del capítulo, aplicable a los procedimientos de salida PBN.

### 7.1 ÁREA DE SALIDA

Para aviones, el procedimiento de salida comienza en el extremo de salida de la pista (DER), que es el extremo del área declarada conveniente para el despegue (es decir, el extremo de la pista o, cuando exista una zona libre de obstáculos, el extremo de ésta), hasta que los límites de ensanchamiento alcanzan el límite exterior del área ficticia, de donde sigue la anchura del área ficticia hasta el primer punto de recorrido.

La anchura inicial en el DER es de 300mts y está centrada en el eje de la pista con un ensanche de 15° a cada lado de la prolongación del eje de la pista

La semi-anchura del área ficticia es para:

RNAV1/RNP1 = 2NM

## 7.2 SUPERFICIES DE IDENTIFICACIÓN DE OBSTÁCULOS (OIS)

La superficie de identificación de obstáculos (OIS) es una superficie inclinada que se emplea para identificar obstáculos en el área de salida. El origen de las OIS para las salidas en línea recta está a una altura de 5 m (16 ft) por encima del DER.

## 7.3 PENDIENTE DE DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO (PDG)

La pendiente de diseño del procedimiento es la pendiente de ascenso publicada, calculada desde el comienzo de la OIS [5 m (16 ft) por encima del DER]. Cuando un objeto penetra en la OIS, se puede aumentar la PDG para proporcionar el margen mínimo de franqueamiento de obstáculos por encima de la penetración (0,8% de la distancia desde el DER).

## 8. SALIDAS PISTA 21

Para la revisión del franqueamiento de obstáculos se usa cartografía digital del Instituto Geográfico Militar, AIP del Ecuador, y último levantamiento georeferenciado del Aeropuerto José Joaquín Olmedo de la ciudad de Guayaquil (Febrero 2015).

### 8.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SALIDA

Luego del despegue de la pista 21 la aeronave mantendrá rumbo de pista (212°) hasta cruzar A/O por encima de 1000ft luego:

- Virar derecha directo a posición 

{	<b>ASOSI</b> , cruzar A/O por encima de FL120 <b>GENEB</b> , cruzar A/O por encima de FL130 <b>TOLAV</b> , cruzar A/O por encima de FL160; o
---	--
  
- Directo a posición Punas, cruzar A/O por encima de FL110; o
- Virar izquierda a **REGAP** cruzar A/O por encima de FL060, posterior continuar directo a posición **USOGI /PAMIS** A/O por encima de FL160 (**USOGI**)

## 8.2 EVALUACIÓN DE OBSTÁCULOS

Para las salidas de la Pista 21 del aeropuerto de Guayaquil, el obstáculo determinante que encontramos es:

**Obst 1 132mts=** Edificio Finansur +Antena Lat: 021117,43S Long: 0795337,23W

Ubicación con respecto al DER d=2200ft

## 8.3 PENDIENTE DE SALIDA (PDG)

ELEV. OBST = 132mts

Distancia = 2200mts

PDG=  $(132-5)/2200 + \text{MOC}$

**PDG= 6.6%**

## 9. CONCLUSIONES

Los procedimientos RNAV (GNSS) para el Aeropuerto José Joaquín de Olmedo de la ciudad de Guayaquil se han diseñado para optimizar las operaciones aéreas y el espacio aéreo del TMA de Guayaquil, reduciendo las distancias de vuelo, tiempo y emanaciones de dióxido de carbono a la atmósfera y consecuentemente con beneficios operacionales a los operadores aéreos y usuarios, manteniendo los más altos estándares de seguridad operacional requeridos.

El factor seguridad se ha tenido muy en cuenta para el diseño de los procedimientos, se ha considerado las directrices y especificaciones OACI doc.8168 y demás manuales y documentos antes señalados.

Los procedimientos han sido evaluados en el SIM. Operativo de Guayaquil, las simulaciones tanto en tiempo real como acelerado nos han permitido medir la carga de trabajo que tendrían los Controladores de Tránsito Aéreo, así también se obtuvo datos necesarios para realizar los cálculos **IFSET (ahorro de combustible)**, comprobando las ventajas operacionales que se obtendrán por su

implementación, la simulación nos refleja que las trayectoria de vuelo entre salidas y llegadas, cumplen con la separación lateral y vertical requerida, de acuerdo a los parámetros necesarios.

La evaluación de los obstáculos que penetran dentro de las áreas de protección para la Aproximación, nos deja como resultado una MDA/H de **550ft**, por ende los mínimos de aeródromo son superiores a los procedimientos actuales (ILS CAT1), el diseñar procedimientos “**RNAV/ILS**” para la pista 21, permitirá reducir la MDA/H, a valores más convenientes y así obtener una mayor ventaja operacional.

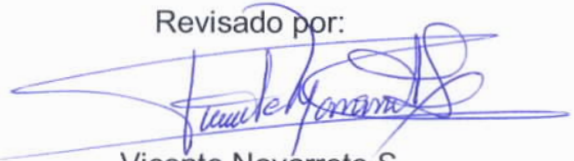
Los justificativos y cálculos presentados, quedan a disposición para ser validados conforme a las especificaciones y normativas OACI, y su aplicación por parte de la autoridad Aeronáutica del Ecuador.

Elaborado por:



Ais Villavicencio A.  
Especialista en Tránsito Aéreo 1  
DISEÑADOR DE PROCEDIMIENTOS

Revisado por:



Vicente Navarrete S.  
Especialista en Tránsito Aéreo 1  
DISEÑADOR DE PROCEDIMIENTOS Y  
ESPACIOS AÉREOS