



**ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL**  
**Oficina Regional Sudamericana**

**Proyecto Regional RLA/06/901**

**Taller para instructores sobre cálculo de capacidad de pistas  
y sectores ATC**

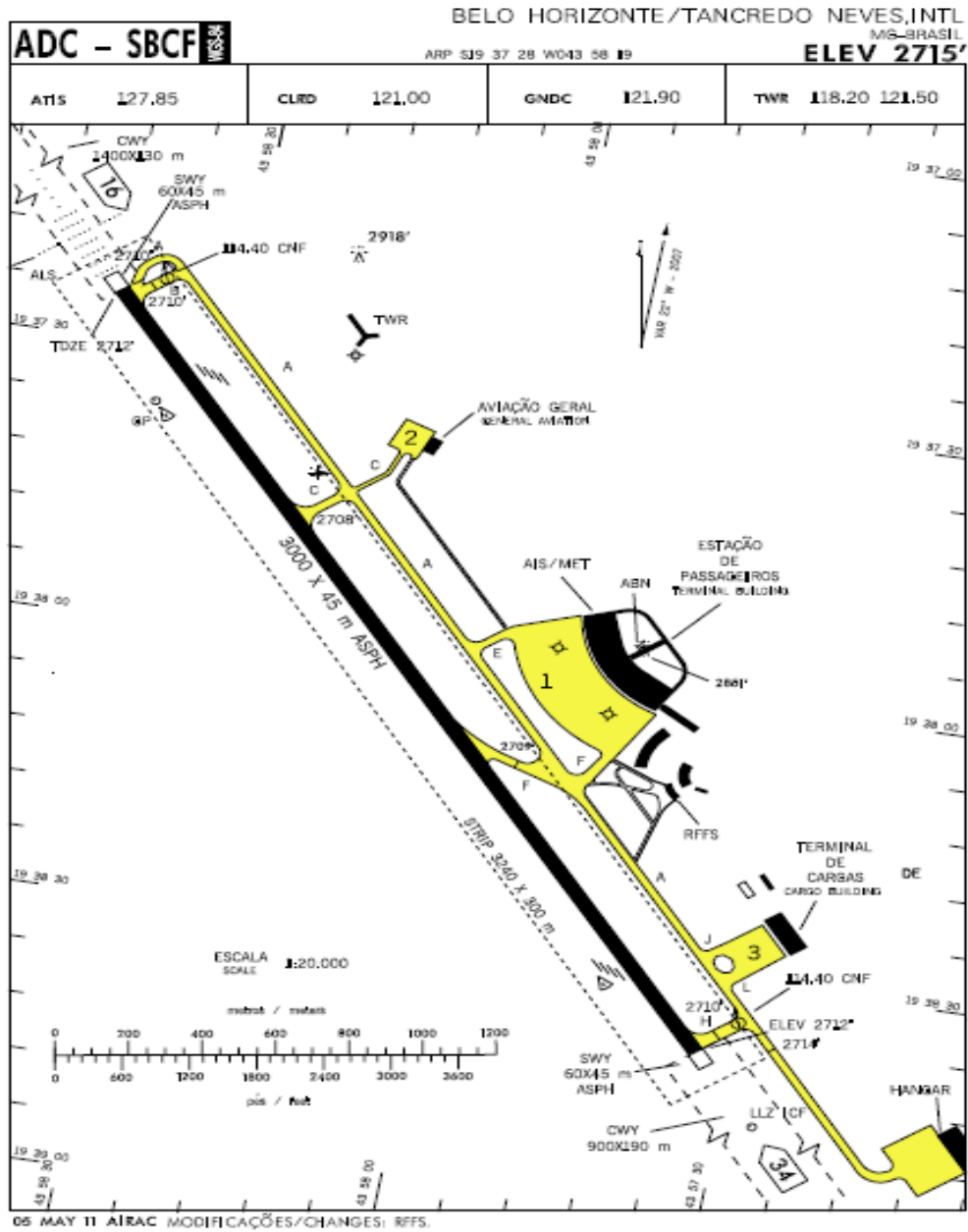
**Modulo 2: Capacidad de Pista – Estudio de los Casos 1, 2, 3 y 4**

**Lima, Perú, 24 al 28 de octubre de 2011**

# 1. EJERCICIOS

## 1.1. Estudio del Caso 1 – Aeropuerto de Confins

La ADC abajo representa el conjunto de las pistas del aeródromo de Confins:

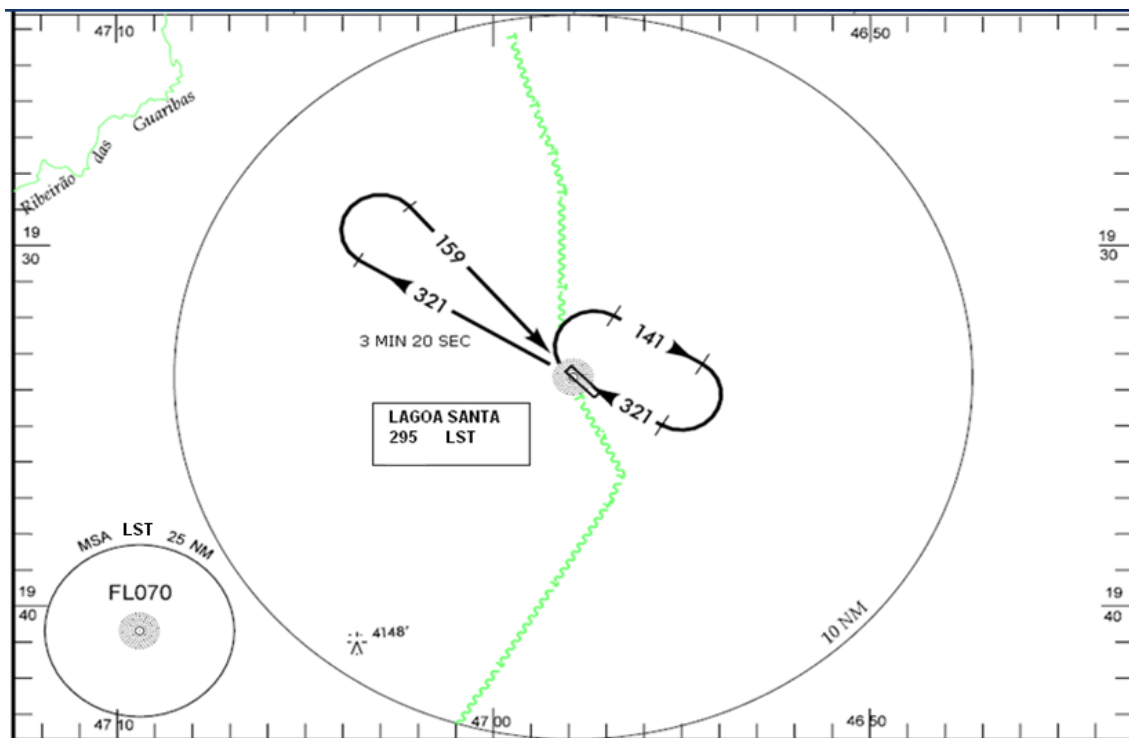


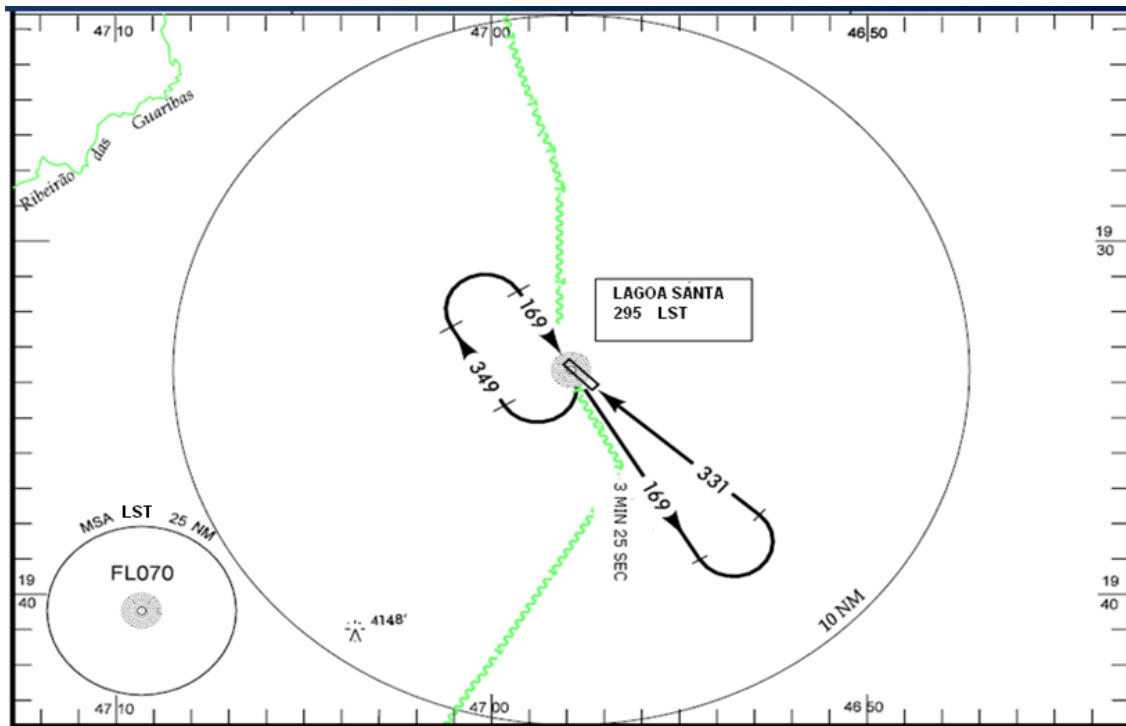
**MODUS OPERANDI:**

El equipo RADAR es utilizado por el APP-BH como herramienta de auxilio a la prestación del servicio de control de tráfico aéreo para el aeródromo en pantalla.

La distancia mínima reglamentada empleada entre dos aeronaves en aproximación para el aeropuerto de Confins es de 5NM, conforme ICA 100-12 Reglas del Aire y Servicio de Tráfico Aéreo.

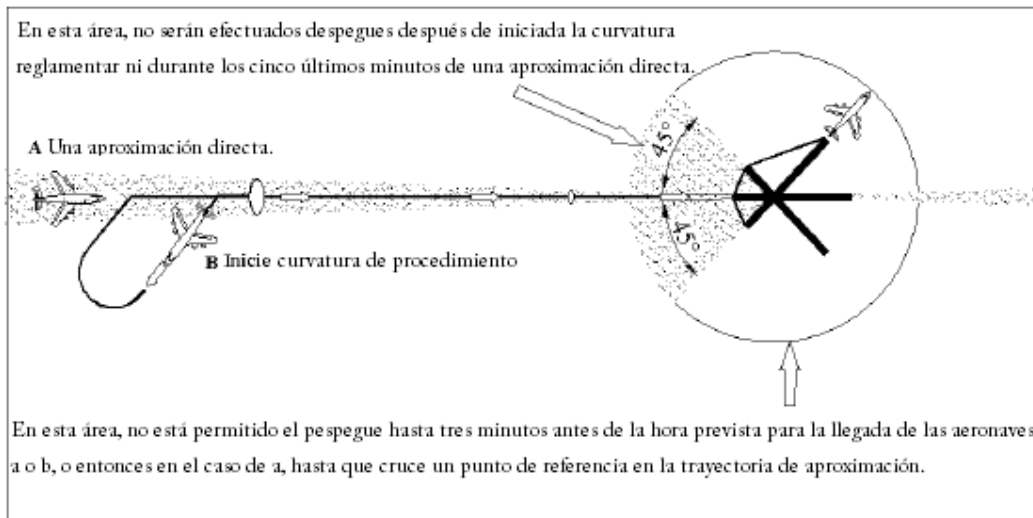
En el caso de inoperancia del radar serán utilizados los procedimientos NDB RWY 16 y NDB RWY 34, según las cartas abajo:

**NDB RWY 16**

**NDB RWY 34**

En la inoperancia del equipo RADAR será aplicado lo dispuesto en la ICA 100-12 Reglas de Aire y Servicios de Tráfico Aéreo (Separación entre las aeronaves que salen y que llegan), que recomienda lo siguiente: “cuando la aeronave que llega esté ejecutando una aproximación por instrumentos completa, la aeronave que parte podrá despegar en una dirección que difiera, en por lo menos, de 45 (cuarenta y cinco) grados de la dirección opuesta a la de la aproximación, hasta que la aeronave que llega tenga iniciado la curvatura de procedimiento o curvatura base que la conduzca a la aproximación final.”

Ejemplificado en la figura siguiente:



### DATOS OBTENIDOS EN EL AERÓDROMO:

a) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 16 (seg):

CAT A = 39 CAT B = 39 CAT C = 55 CAT D = 85

b) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue (entrada + carrera)

RWY 16 (seg):

CAT A = 75 CAT B = 77 CAT C = 95 CAT D = 110

c) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 34 (seg):

CAT A = 42 CAT B = 42 CAT C = 64 CAT D = 94

d) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue (entrada + carrera)

RWY 34 (seg):

CAT A = 74 CAT B = 76 CAT C = 94 CAT D = 109

e) Tiempo promedio de vuelo entre el marcador externo y la cabecera 16 (seg):

CAT A = 174 CAT B = 128 CAT C = 130 CAT D = 124

f) Tiempo promedio de vuelo entre el marcador externo y la cabecera 34 (seg):

CAT A = 172 CAT B = 126 CAT C = 128 CAT D = 122

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SECTOR DE ESTADÍSTICA DEL CGNA:**

MIX

CAT A = 1,71 %

CAT B = 1,28 %

CAT C = 95,63 %

CAT D = 1,38 %

**PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LA PISTA:**

PU RWY 16 = 93,19 %

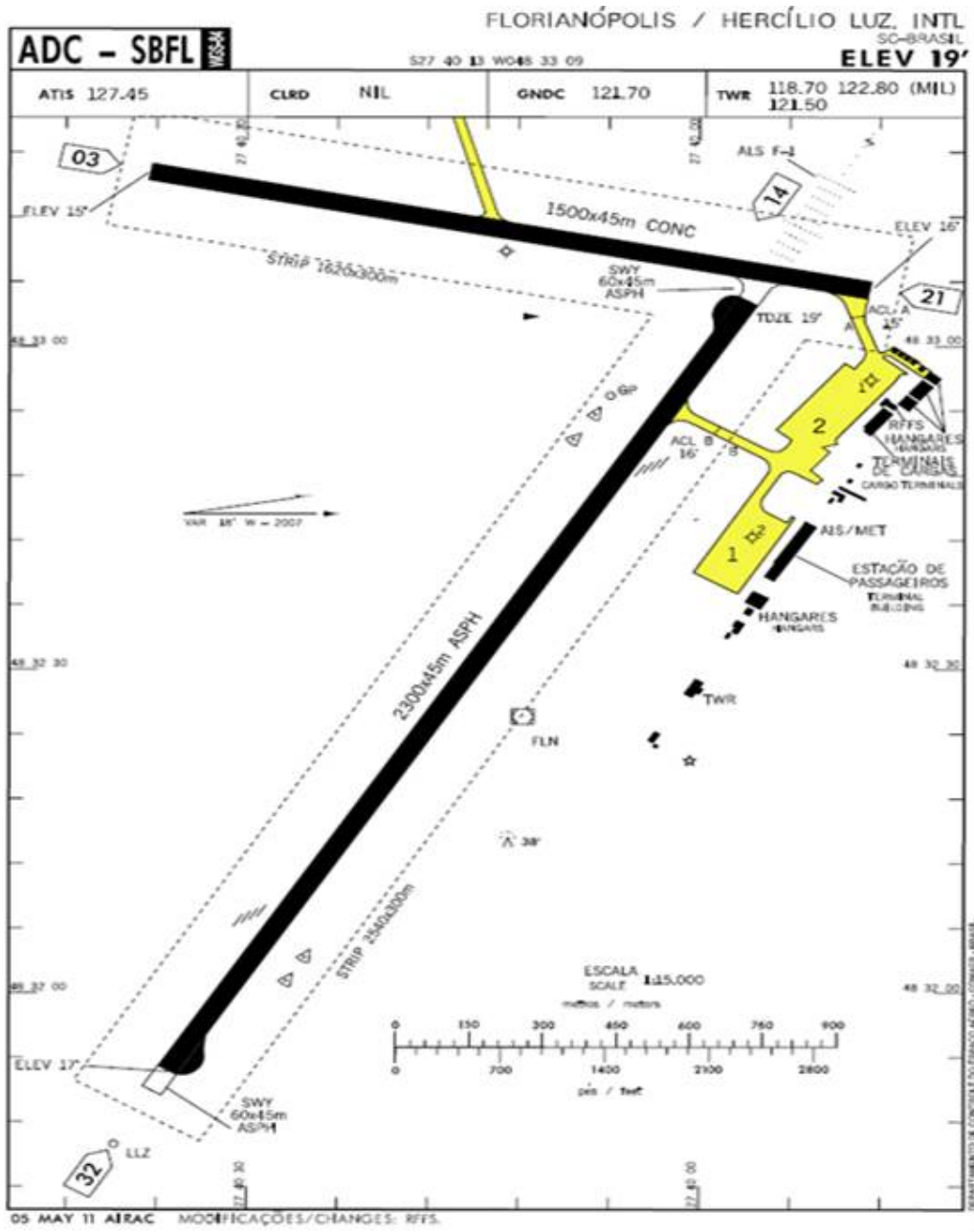
PU RWY 34 = 6,81%

Considerando las informaciones entregadas, determine:

- a) La capacidad de la pista 16/34 en el caso de una operación RADAR;
- b) La capacidad de la pista 16/34 en el caso de una operación sin la utilización del RADAR;

### 1.2. Estudio del Caso 2 – Aeroporto de Florianópolis

La ADC abajo representa el conjunto de pistas del aeródromo de Florianópolis:



**MODUS OPERANDI:**

El equipo RADAR es utilizado por el APP-FL como herramienta de auxilio a la prestación del servicio de control de tráfico aéreo para el aeródromo en pantalla;

La pista 03/21 y TWY A del aeródromo de Florianópolis encuentranse cerradas para las operaciones de aterrizaje, despegue y carreteo debido al servicio de mantenimiento de las placas del revestimiento de la referida pista que se soltarán próximo a TWY A. Los servicios de mantenimiento no influyen en las operaciones de la RWY 14/32.

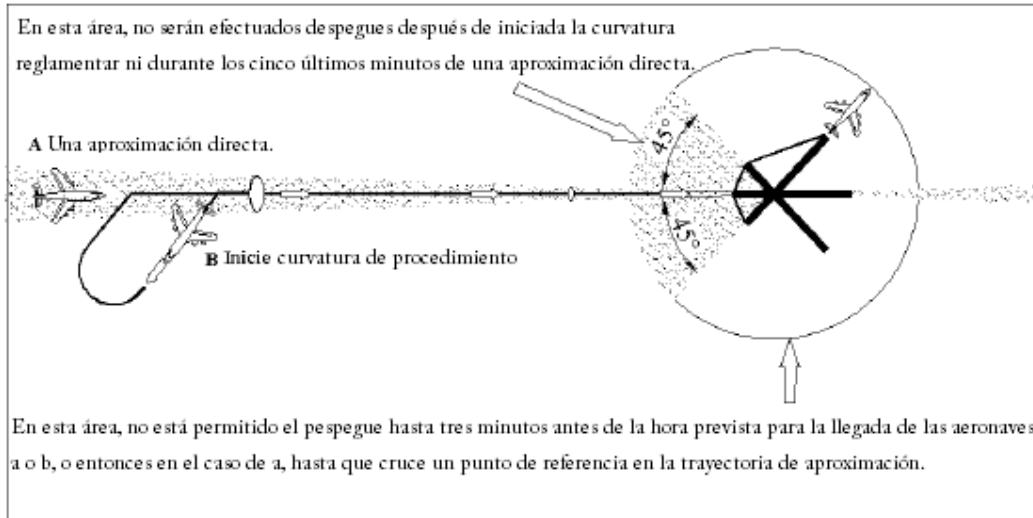
Las aeronaves que aterrizan en la RWY 14 y aquellas que despegan de las RWY 14 y 32 son obligadas a realizar back-track. En el primer caso, para la liberación de la pista después del aterrizaje. En el segundo caso, para el ingreso y alineación para el despegue.

La distancia mínima reglamentar empleada entre dos aeronaves en aproximación para el aeropuerto de Florianópolis es de 5NM, conforme ICA 100-12 Reglas del Aire y Servicio de Tráfico Aéreo.

Para que no sea violada la SMR, en el caso de este aeropuerto, cuando la aeronave que aterriza esté pasando el OM, la aeronave que despegue deberá estar iniciando la carrera para el despegue.

En El caso de la falta de operación del equipo RADAR será aplicado lo dispuesto en la ICA 100-12 Reglas del Aire y Servicios de Tráfico Aéreo (Separación entre las aeronaves que salen y que llegan), que preconiza lo siguiente: "cuando la aeronave que llega esté ejecutando una aproximación por instrumentos completa, la aeronave que parte podrá despegar en una dirección que difiera en, por lo menos, 45 (cuarenta y cinco) grados de la dirección opuesta a la de aproximación, después que la aeronave que llega tenga iniciado la curvatura del procedimiento o curvatura base que la conduzca a la aproximación final, siempre que el despegue se haga, por menos, 3 (tres) minutos antes de la hora prevista para que la aeronave que llega se encuentre sobre la cabecera de la pista."

Ejemplificado en la figura siguiente:



En caso del aeropuerto de Florianópolis, según Manual de Operaciones, será adoptada la separación de 3 (tres) minutos como SMR.

**DATOS OBTENIDOS EN EL AERÓDROMO:**

**RWY 14**

a) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 14 (seg):

CAT A = 127                      CAT B = 144                      CAT C = 220

b) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue RWY 14 (seg) (ingreso + corrida):

CAT A = 41+50 =91              CAT B =50+45= 95              CAT C = 97+40=137

c) Tiempo de vuelo entre el marcador externo y la cabecera 14 (seg):

(El OM está localizado a 5NM de la cabecera de la pista.)

CAT A = 172                      CAT B = 164                      CAT C = 142

**RWY 32**

a) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 32 (seg):

CAT A = 86                      CAT B = 82                      CAT C = 76

b) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue RWY 32 (seg) (ingreso + corrida):

CAT A = 242 + 50 = 292      CAT B = 220 + 45 = 265      CAT C = 268 + 40 =308

c) Tiempo de vuelo entre el marcador externo y la cabecera 32 (seg):

(El OM está localizado a 5NM de la cabecera de la pista.)

CAT A = 174

CAT B = 166

CAT C = 142

### DATOS PROPORCIONADOS POR EL SETOR DE ESTADÍSTICA DEL CGNA:

MIX

CAT A = 11%

CAT B = 18%

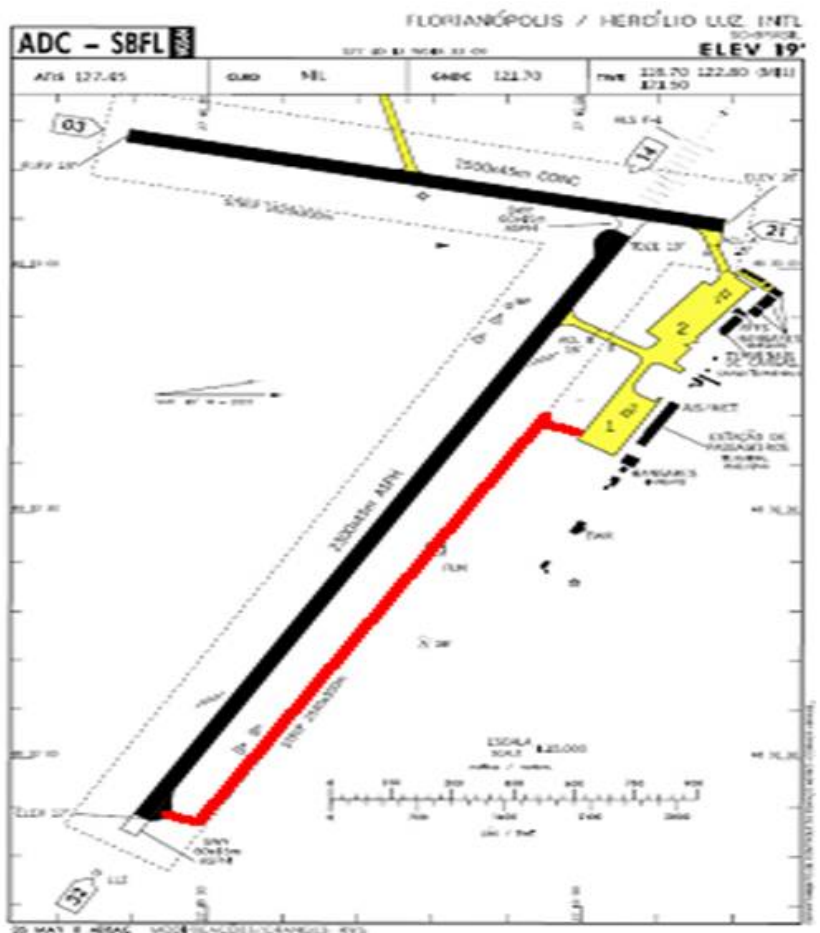
CAT C = 71%

### PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LAS PISTAS:

RWY 14 = 64%

RWY 32 = 36%

La ADC siguiente muestra la posibilidad del incremento de una nueva pista de carreteo uniendo el terminal de pasajeros al THR 32:



En este nuevo escenario queda dispensada la necesidad de la realización del back-track después del aterrizaje en la RWY 14 y en los despegues de la RWY 32.

Los datos proporcionados por el sector de estadística del CGNA permanecen inalterables. (MIX y Percentual de Utilización de las Pistas)

Con la propuesta de la construcción de la pista de carreteo uniendo el terminal de pasajeros a la THR 32, debemos analizar en los datos disponibles del estudio en pantalla y en otros realizados, cuales podrán ser utilizados en el cálculo, conforme datos proporcionados abajo:

#### **RWY 14**

a) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 14 (seg):

(Fueron utilizados los datos obtenidos en el estudio de SBFZ)

$$\text{CAT A} = 92$$

$$\text{CAT B} = 87$$

$$\text{CAT C} = 78$$

b) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue RWY 14 (seg)

(entrada + carrera):

$$\text{CAT A} = 36 + 55 = 91$$

$$\text{CAT B} = 50 + 45 = 95$$

$$\text{CAT C} = 94 + 43 = 137$$

c) Tiempo de vuelo entre el marcador externo y la cabecera 14 (seg):

(El OM está localizado a 5NM de la cabecera de la pista.)

$$\text{CAT A} = 172$$

$$\text{CAT B} = 164$$

$$\text{CAT C} = 142$$

#### **RWY 32**

a) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 32 (seg):

$$\text{CAT A} = 86$$

$$\text{CAT B} = 82$$

$$\text{CAT C} = 76$$

b) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue RWY 32 (seg) (entrada + carrera):

(Fueron utilizados los tiempos obtenidos en el estudio de SBFZ para el ingreso y los tiempos de corrida obtenidos en la localidad)

$$\text{CAT A} = 20 + 54 = 74$$

$$\text{CAT B} = 27 + 44 = 71$$

$$\text{CAT C} = 32 + 41 = 73$$

c) Tiempo de vuelo entre el marcador externo y la cabecera 32 (seg):

(El OM está localizado a 5NM de la cabecera de la pista.)

$$\text{CAT A} = 174$$

$$\text{CAT B} = 166$$

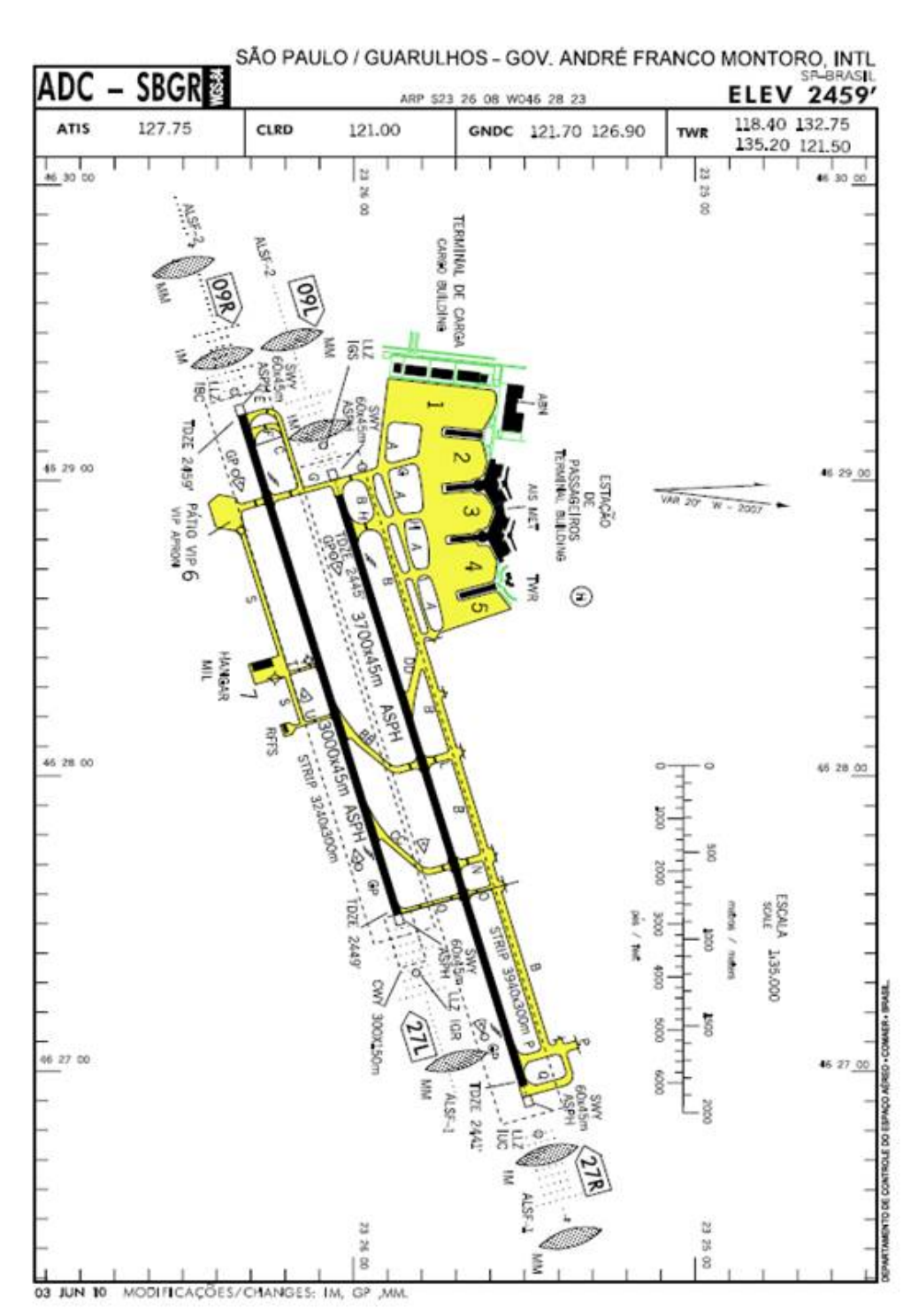
$$\text{CAT C} = 142$$

Considerando las informaciones proporcionadas, determine:

- a) La capacidad de la pista 14/32 en el caso de una operación RADAR;
- b) La capacidad de la pista 14/32 en el caso de una operación sin la utilización del RADAR;
- c) La capacidad de la pista 14/32, considerando la construcción de una TWY de acceso a THR 32.

### 1.3. Estudio del Caso 3 – Aeroporto de Guarulhos

La ADC abajo representa el conjunto de pistas del aeródromo de Guarulhos:



**MODUS OPERANDI:**

Patrón de operación de la TWR-GR con la utilización plena del sistema de las pistas: RWY09L/27R para despegues y RWY09R/27L para aterrizajes.

La distancia entre los ejes de las pistas del Aeropuerto de Guarulhos no permite la realización independiente de aterrizajes y despegues. Tal característica obliga que las aeronaves que despegan aguarden alineadas la certeza de la realización del aterrizaje de la aeronave que se aproxima.

El equipo RADAR es utilizado por el APP-SP como herramienta de auxilio a la prestación del servicio de control de tráfico aéreo para el aeródromo en pantalla.

En condiciones de visibilidad  $\geq 5\text{km}$  y techo  $\geq 1000\text{ft}$ , de acuerdo con el AIP-BRASIL, podrá ser empleada la separación de 3 NM para los aterrizajes en la pista 09R/09L o en la pista 27L/27R, pudiendo ser autorizada entre ellos el despegue de otra aeronave por la pista paralela.

**DATOS OBTENIDOS EN EL AERÓDROMO:**

## RWY 09L

a) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 09L (seg):

CAT A = 41      CAT B = 50      CAT C = 57      CAT D = 68

b) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue RWY 09L (seg) (ingreso + corrida):

CAT A = 106      CAT B = 103      CAT C = 102      CAT D = 125

## RWY 27R

a) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 27R (seg):

CAT A = 41      CAT B = 66      CAT C = 64      CAT D = 66

b) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue RWY 27R (seg) (entrada + carrera):

CAT A = 106      CAT B = 104      CAT C = 102      CAT D = 125

**RWY 09R**

a) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 09R (seg):

CAT A = 41      CAT B = 62      CAT C = 55      CAT D = 61

b) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue RWY 09R (seg)

(entrada + carrera):

CAT A = 106      CAT B = 89      CAT C = 91      CAT D = 111

**RWY 27L**

a) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el aterrizaje RWY 27L (seg):

CAT A = 67      CAT B = 94      CAT C = 76      CAT D = 73

b) Tiempo promedio de ocupación de la pista durante el despegue RWY 27L (seg)

(entrada + carrera):

CAT A = 106      CAT B = 89      CAT C = 91      CAT D = 111

Tiempo de vuelo entre el OM y la THR 09R (seg):

CAT A = 141      CAT B = 146      CAT C = 127      CAT D = 120

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SECTOR DE ESTADÍSTICA DEL CGNA:**

MIX

CAT A = 0,91%

CAT B = 8,13%

CAT C = 69,25%

CAT D = 21,70%

CAT E = 0,01%

OBS: Por el bajo porcentual de ocurrencia, las aeronaves CAT E fueron desconsideradas para efecto de cálculo.

**PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LAS PISTAS**

RWY 09L = 39,92%

RWY 27L = 9,69%

RWY 09R = 40,21%

RWY 27R = 10,17%

**CONSIDERACIONES PARA LA REALIZACIÓN DEL CÁLCULO:**

Para efecto del cálculo de la velocidad en la aproximación final, fueron considerados los tiempos obtenidos en el procedimiento CHARLIE 2 RWY 09R ILS, en que el marcador externo NDB IG (TUCA) está localizado a 5 NM de la cabecera 09R. (Valor utilizado para las demás cabeceras).

La distancia mínima reglamentar de 5NM (SMR) entre dos aeronaves en aproximación, prevista en la ICA 100-12 Reglas del Aire y Servicio de Tráfico Aéreo, fue utilizada para la realización de los cálculos de la operación en pistas aisladas en el aeropuerto de Guarulhos.

Las distancias mínimas reglamentares de 3NM y 5NM (SMR) entre dos aeronaves en aproximación, previstas en la legislación en vigor, fueron utilizadas para la realización de los cálculos de la operación en pistas paralelas en el aeropuerto de Guarulhos.

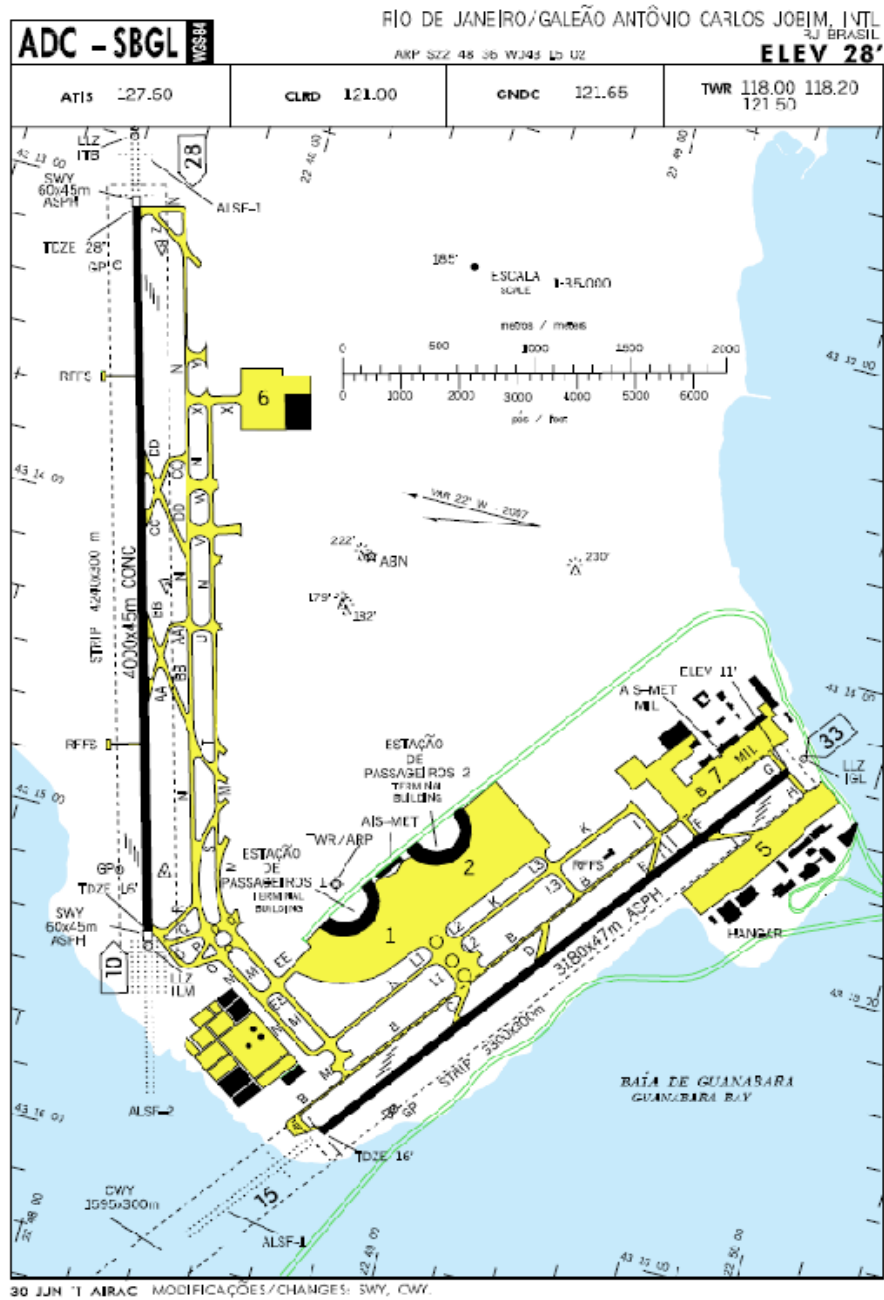
Por el MIX es posible constatar que 90% de las aeronaves que operan en Guarulhos están encuadradas como categoría media o pesadas. Por esta característica, debemos atender para la estera de turbulencia en lo que se refiere a los despegues. En promedio, la separación entre las aeronaves en esta clase de operación será de 2 minutos, conforme lo dispuesto en la ICA 100-12.

Considerando las informaciones proporcionadas, determine:

- a) La capacidad de cada una de las pistas operando aisladamente (RWY 09L/27R y RWY 09R/27L) para la operación RADAR;
- b) La capacidad del sistema de las pistas considerando el patrón operacional de la TWR-GR y la adopción de las SMR de 5NM y 3NM para la operación RADAR;

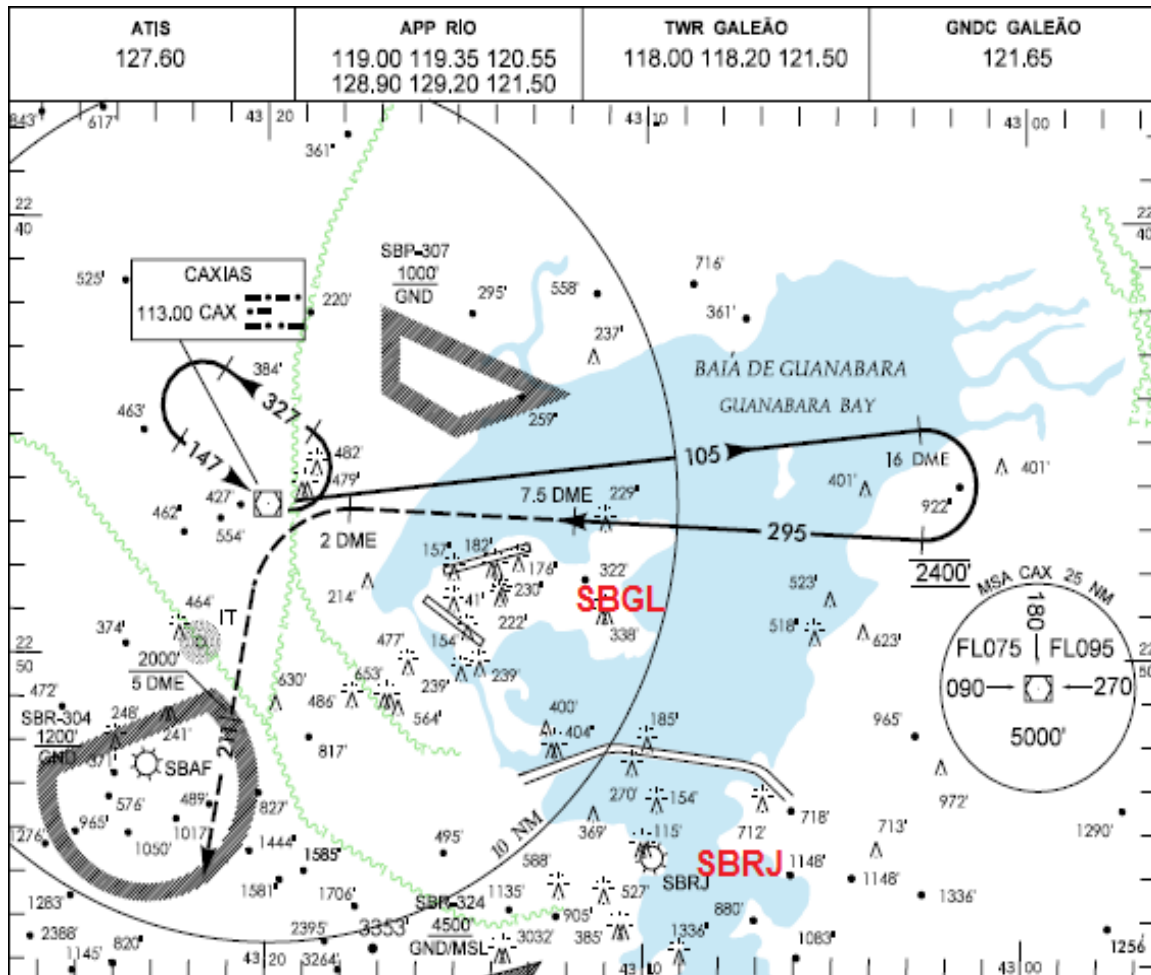
### 1.4. Estudio del Caso 4 – Aeropuerto de Galeão

La ADC abajo representa el conjunto de las pistas del aeródromo de Galeão:



**MODUS OPERANDI:**

La circulación aérea en la TMA RJ está basada en las pistas en uso y en las condiciones meteorológicas del SBGL y del SBRJ:



El equipo RADAR es utilizado por APP-RJ como herramienta de auxilio a la prestación del servicio de control del tráfico aéreo para el aeródromo en pantalla.

Con la finalidad de evitar esperas para los despegues y facilitar la coordinación del tráfico, son adoptados cinco PATRONES OPERACIONALES, descritos a seguir:

(PATRÓN UNO) ARR RWY 15 Y DEP RWY 10: será aplicado siempre que las condiciones meteorológicas en Galeão permitan y SBRJ esté operando VFR, con techo superior a 2500 FT.

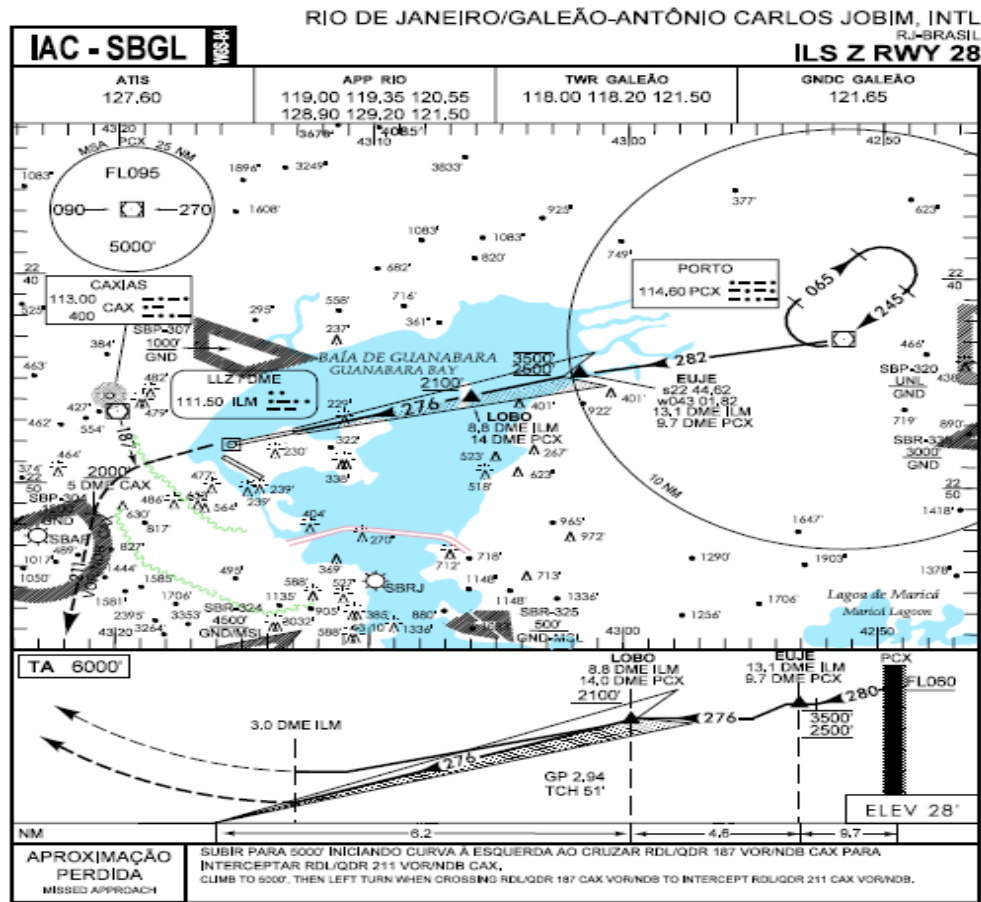
En esta configuración las pistas operan independientes y se adopta un tiempo promedio de 2 minutos entre los despegues. Se sabe, por las colectas de los tiempos, que las aeronaves que operan en el aeropuerto vuelan del OM (CAX) a la THR 15 en 119 seg, en promedio.

(PATRÓN DOS) ARR y DEP RWY 10: Será aplicado en función de la prohibición o de la impracticabilidad de la pista 15/33, operación ILS CAT II o cuando el aeródromo SBRJ esté operando IFR de modo que imposibilite la circulación aérea para la utilización del PATRÓN UNO.

(PATRÓN TRES) ARR RWY 28 y DEP RWY 33: Es utilizada comúnmente bajo condiciones adversas, generalmente con la presencia de FRENTE FRÍA en la región. En función de la configuración convergente de las pistas y teniendo como patrón los despegues de la pista 33 y los aterrizajes en la pista 28, los despegues estarán condicionadas obligatoriamente a los aterrizajes.

Esta obligatoriedad ocurre porque los procedimientos de aproximación perdida y los procedimientos de despegue convergen para el mismo punto.

Conforme descrito en el Modelo Operacional de la TWR-GL, una aeronave en la pista 33 será autorizada a despegar hasta el momento en que una aeronave en aproximación esté a dos millas para el marcador externo de la pista 28, o sea, dos millas para la posición LOBO, mostrada en la figura abajo:



Se sabe, por los valores obtenidos, que las aeronaves aproximando para la RWY 28 emplean una velocidad promedio ponderado de 0,0428NM/seg (VMP).

(PATRÓN CUATRO) ARR y DEP RWY 15: Será aplicado en función de la prohibición o de la impracticabilidad de la pista 10/28. No siendo recomendado cuando SBRJ esté operando IFR.

(PATRÓN CINCO) ARR e DEP RWY 33: Será aplicado en función de la prohibición o de la impracticabilidad de la pista 10/28 o de las condiciones meteorológicas que impidan la utilización de la RWY 15.

El uso de la pista 33 para aterrizajes y despegues exige una estrecha coordinación entre los órganos ATC envueltos, una vez que las operaciones de despegue y aterrizaje ocurren en rumbos convergentes.

Se resalta, también, que las aproximaciones para la pista 33 pueden generar conflictos con las operaciones en el Santos Dumont, principalmente, los despegues de la pista 02.

En este patrón de operación, las aeronaves llegando realizan los procedimientos de aproximación para la pista 15, con espera en el VOR de Caxias, y en seguida prosiguen para la pierna de viento de la pista 33, observando los mínimos de techo y visibilidad previstos, volando una distancia aproximada de 15NM.

Por las colectas, se verificó que las aeronaves en aproximación llevan un tiempo promedio ponderado de 350 segundos hasta que alcancen el través de la cabecera 15, en la pierna de viento.

Por consiguiente, los despegues estarán condicionados, obligatoriamente, a los aterrizajes.

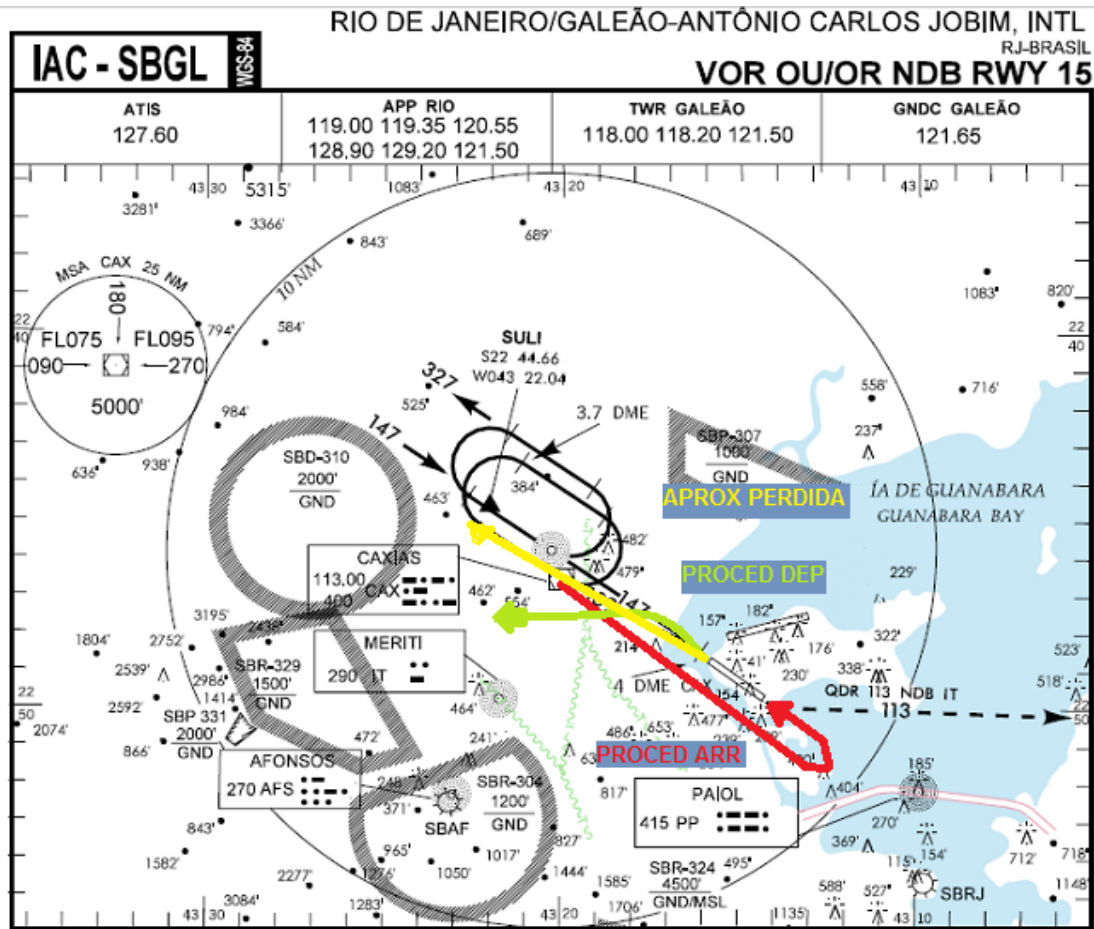
Conforme determina el Manual de Operaciones de la TWR-GL, una aeronave solamente podrá despegar cuando una aeronave aterrizando esté en el través de la cabecera 15, en la pierna del viento.

Cabe resaltar aún, que el procedimiento de aproximación perdida genera conflictos con las aeronaves en espera en el VOR de Caxias.

Se sabe que las aeronaves que despegan de la RWY 33 efectúan curvatura a la izquierda y cruzan la pierna de viento en 75 segundos.

Las aeronaves en aproximación gastan en promedio 3,5 minutos para volaren en el circuito de tráfico (del través de la THR 15 hasta el cruce de la THR 33).

Las trayectorias en los aterrizajes, despegues y aproximación perdida están esquematizadas en la figura a seguir:



A partir de las informaciones proporcionadas, determine:

- capacidad del sistema de las pistas de Galeão adoptando el Patrón Uno de operación;
  - capacidad del sistema de las pistas de Galeão adoptando el Patrón Tres de operación;
- y
- capacidad del sistema de las pistas de Galeão adoptando el Patrón Cinco de operación.

## **2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRASIL. DECEA – CGNA. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea.  
MCA 100-14 Capacidade do Sistema de Pistas, 2009.