

**COMANDO DE AERONÁUTICA**  
**CENTRO DE GERENCIAMIENTO DE NAVEGACIÓN AÉREA**



**1. TEORIA DE CAPACIDAD DE PISTA**

## **1. DISPOSICIONES PREELIMINARES**

### **1.1 FINALIDAD**

La presente apostilla tiene por finalidad dotar a los alumnos de conocimientos relacionados al estudio de la capacidad de la pista, a fin de que puedan administrar instrucciones sobre la aplicación del Método del Cálculo de Capacidad de la Pista en los aeropuertos bajo sus responsabilidades.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

(Cn) Enfatizar la filosofía del cálculo de capacidad de la pista.

(Cn) Identificar los elementos que afectan la capacidad de la pista.

### **1.3 ÁMBITO**

La presente apostilla se dirige al Curso de Cálculo de Capacidad de la Pista para Instructores, administrado por el Departamento de Control del Espacio Aéreo, a través del CGNA.

### **1.4 ELABORACIÓN DE LA REVISIÓN**

Elaborado por el Cap Esp CTA Fernando de Souza Armstrong en 2011.

### **1.5 GRADO DE SIGILO**

El presente documento es de carácter ostensivo.

## **2. INTRODUCCIÓN**

Después de la realización, en Brasil, de 02 (dos) Cursos de Capacidad de la Pista destinados a los representantes de los países de la Región CAR/SAM, se verifico la necesidad de que el método referido fuese irradiado para un número mayor de personas envueltas con este tipo de estudio. Para tanto, se decidió administrar un curso de capacidad, direccionado para los futuros instructores, autorizando acelerar la divulgación del conocimiento a los demás países miembros de la Región.

Para que un instructor sea capaz de divulgar los conocimientos contenidos en el Manual del Cálculo de Capacidad de la Pista, es necesario que la filosofía que envuelve a metodología del cálculo sea entendida de forma más amplia, destacando su relación con la infraestructura de un aeropuerto, además de los diversos escenarios operacionales.

La infraestructura del aeropuerto es, en gran parte, la responsable de la fluidez de un aeropuerto, contribuyendo para la distribución equilibrada de la demanda entre aterrizajes y despegues. Por lo tanto, es necesario mostrar las diversas posibilidades de la aplicación de la metodología, en virtud de las diferentes características operacionales presentadas en cada aeropuerto. Con esto, los principales puntos que influyen la capacidad de un sistema de pistas fueron listados, para que los profesionales envueltos con el estudio de la capacidad para evaluar, correctamente, los escenarios operacionales existentes y aplicar el método de acuerdo con los Modus Operandi de la localidad.

### 3 DEFINICIONES

**Balanceamiento** - Relación del equilibrio entre la demanda de tráfico aéreo y la capacidad de infraestructura aeronáutica instalada.

**Capacidad:** Es el número máximo de las operaciones que un aeropuerto puede soportar durante un tiempo específico, donde existe continua demanda para el servicio.

**Capacidad de Pista** - Número máximo de movimientos que se puede alcanzar con la combinación de aeronaves despegando y aterrizando, en un determinado aeródromo, para una dada condición operacional (Ej: conjunto de aeronaves, condiciones meteorológicas, configuración de la pista, procedimientos operacionales, etc) y para periodos de tiempo específicos.

**Capacidad Aeroportuaria** - Número máximo de operaciones de aeronaves, establecido para un determinado aeródromo, para periodos específicos, soportado por la infraestructura aeroportuaria.

**Demanda de Tráfico Aéreo** - Número total de operaciones pretendidas en un determinado aeropuerto o porción del espacio aéreo.

**Conjunto de Aeronaves** - Distribución porcentual de la flota de aeronaves en operación en el aeródromo conforme a las categorías de las aeronaves. El conjunto aeronaves para aeródromos debe ser calculado a partir del movimiento total diario obtenido a través de la media aritmética de una muestra que contiene datos referentes al periodo de un año.

**Tiempo medio de la Ocupación de la pista** - Media aritmética ponderada de las medias de los tiempos de ocupación de pista por categoría de aeronave, teniendo como factor de ponderación o el conjunto de aeronaves que opera en el aeródromo.

#### **4 PILARES DE LA METODOLOGÍA DEL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE PISTA**

En Brasil, el método del cálculo de la capacidad de la pista considerada a la posibilidad de que ocurra un despegue entre dos aterrizajes consecutivos (ARR: 50% DEP: 50%), manteniéndose las separaciones mínimas reglamentares. La capacidad de la pista es calculada para un intervalo de sesenta minutos, en función, principalmente, del tiempo medio de ocupación de la pista.

Al efectuar un estudio de capacidad de la pista, el valor encontrado debe representar el número máximo de aterrizajes y de despegues en el periodo de una hora. Encaminadas a lograr el alcance, considerando que todos los elementos sean operacionales.

Para la determinación de la capacidad del conjunto de pistas, los siguientes factores son considerados:

- a) Factores de Planeamiento; y
- b) Factores relativos a las operaciones de aterrizaje y de despegue

##### **Factores de Planeamiento**

Aspectos operacionales que influyen en la determinación de la capacidad de la pista. Las aplicaciones más comunes son:

- a) condiciones ideales de secuenciamiento y coordinación del tráfico aéreo;



b) todos los equipos operacionales son considerados con la misma capacitación y desempeño operacional;



c) todos los equipos de radio-navegación y auxilios visuales son considerados operacionales;



d) todos los equipos de comunicaciones (VHF/Telefonía) son considerados operacionales.



**Factores relativos a las operaciones de aterrizaje y de despegues:**

a) Tiempos medios de ocupación de la pista;

- b) Porcentaje de utilización de cabeceras;
- c) Conjunto de aeronaves;
- d) Largo del segmento de aproximación final;
- e) Separación mínima reglamentada de aeronaves;
- f) Configuración de las pistas de aterrizaje y carreteo;
- g) Procedimientos de salida; y
- h) Velocidad de aproximación final.

## **5 ELEMENTOS QUE AFECTAN A LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE PISTAS.**

Dentro de los varios elementos que afectan la capacidad de una pista de aterrizaje, se verifica que no todos están presentes en todos los aeropuertos. Cada uno de los elementos posee características que lograrían influenciar la capacidad, provocando la variación del valor encontrado conforme a las peculiaridades del aeropuerto estudiado. Los factores encontrados con más frecuencia en los aeropuertos son los siguientes:

**TIEMPO DE OCUPACIÓN DE LA PISTA** - El tiempo de ocupación de la pista refleja la disponibilidad de infraestructura aeroportuaria, bien como evidencia al padrón operacional mostrado por las Empresas Aéreas. La ausencia de las pistas de carreteo adecuadas, de forma que permitan que la aeronave ocupe la pista en un menor tiempo posible, es uno de los dos principales factores que implica el aumento de las separaciones entre las aeronaves en aproximación, reduciendo así, la capacidad de pista disponible. La construcción de pistas de salida rápida contribuiría a que las aeronaves efectuasen sus operaciones, ocupando la pista en un menor tiempo y, consecuentemente, haciendo posible la ganancia de más capacidad. Existen aeropuertos que poseen sistemas de pista de carreteo adecuados, conteniendo, en función de los padrones operacionales restrictivos presentados por las empresas aéreas, los tiempos de ocupación de la pista son elevados, impactando la fluidez del Aeropuerto. La adopción de padrones optimizados, por parte de las Compañías

Aéreas, provocaría la reducción de las separaciones con las respectivas ganancias de capacidad de la pista.



**PORCENTAJE DE LA UTILIZACIÓN DE LAS CABECERAS** - En función del viento predominante en la localidad, las cabeceras pueden poseer diferentes porcentajes de utilización durante el año. Con esto, la cabecera más utilizada puede ser aquella que ofrezca menor capacidad de pista, dependiendo de la infraestructura disponible.

MES	RWY 09L	RWY 27L	RWY 09R	RWY 27R
ago/09	46,61%	6,71%	35,52%	11,16%
set/09	36,45%	13,50%	40,09%	9,97%
oct/09	42,62%	6,67%	45,10%	5,61%
nov/09	35,05%	13,98%	35,98%	14,98%
dic/09	36,45%	11,59%	37,20%	14,77%
ene/10	35,29%	14,41%	35,46%	14,85%
feb/10	38,57%	11,31%	39,76%	10,35%
mar/10	37,56%	12,14%	38,16%	12,15%
abr/10	41,65%	6,74%	44,27%	7,33%
may/10	33,14%	16,05%	34,83%	15,98%
jun/10	43,27%	6,35%	44,39%	5,99%
jul/10	46,23%	3,69%	46,81%	3,27%
<b>TOTAL</b>	<b>39,41%</b>	<b>10,26%</b>	<b>39,80%</b>	<b>10,53%</b>

**CONJUNTO DE AERONAVES** - El conjunto de aeronaves es otro factor que interfiere en las separaciones, implicando reflejos en la capacidad. La estera de turbulencia es un enemigo invisible que acarrea riesgo a las operaciones, si una aeronave leve sigue a una aeronave pesada, durante la fase de aproximación, con la separación reducida.

En estos casos, separaciones mayores deben ser adoptadas garantiendo, con esto, a la seguridad operacional.

ESTUDO DE SBGR EM FUNÇÃO DA CATEGORIA DE AERONAVES														
CAT	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09	jan/10	fev/10	mar/10	abr/10	mai/10	jun/10	jul/10	SOMA ANUAL	%
A	119	122	190	220	143	81	67	60	110	97	94	773	2076	0,91
B	1108	1253	1428	1425	1354	1289	1154	1967	2018	1976	1771	1769	18512	8,13
C	12425	12084	12909	12627	13423	14352	12458	13482	13035	13386	13169	14285	157635	69,25
D	4054	3853	4015	3933	4131	4175	3718	4220	4005	4248	4352	4675	49379	21,69
E	1	8	9	4	0	0	1	0	4	3	0	0	30	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>17707</b>	<b>17320</b>	<b>18551</b>	<b>18209</b>	<b>19051</b>	<b>19897</b>	<b>17398</b>	<b>19729</b>	<b>19172</b>	<b>19710</b>	<b>19386</b>	<b>21502</b>	<b>227632</b>	<b>100</b>

**LEGISLACIÓN RELATIVA A LAS SEPARACIONES** - Las legislaciones relativas a las separaciones establecen separaciones mínimas reglamentadas (SMR) a ser cumplidas, teniendo como objetivo preservar la seguridad de las operaciones aéreas. La reducción de las SMR provocaría aumento de capacidad, por ende, es necesario un estudio minucioso por parte de los profesionales de tráfico aéreo, una vez que, conforme lo citado anteriormente, existen deficiencias de infraestructura aeroportuaria y padrones operacionales restrictivos de algunas empresas aéreas que podrían comprometer tales separaciones reducidas.

OPERAÇÃO EM PISTAS ISOLADAS						
CABECEIRAS	09R			27L		
SEPARAÇÕES	80%	90%	100%	80%	90%	100%
9NM	24	27	31	24	27	31
10NM	23	26	29	23	26	29
11NM	21	24	27	21	24	27
12NM	20	22	25	20	22	25
13NM	18	20	23	18	20	23
14NM	16	18	21	16	18	21
15NM	15	17	19	15	17	19

**INFRAESTRUTURA AEROPORTUARIA** - A pesar de la deficiencia de los sistemas de pistas de carreteo, los aeropuertos poseen serios problemas de patio de estacionamiento. La mayoría de los patios no permite adaptar con soltura a fin de acelerar las salidas y las llegadas de las aeronaves en hora pico; existen localidades que no poseen lugares de estacionamiento suficientes, implicando esperas en las pistas de carreteo o en vuelo. Se resalta la capacidad aeroportuaria y la resultante de las capacidades que están actuando en un aeropuerto (pista, patio, terminal de pasajeros, etc.). Normalmente, la capacidad aeroportuaria será igual a la menor de las capacidades, de forma que se puede evitar aprobaciones de un número de aeronaves mayor que la infraestructura pueda soportar.



**INFRAESTRUTURA AERONÁUTICA** - A instalação de radares acarreta a redução das separações, com ganhos de capacidade, além de aumentar a segurança das operações. Localidades que possuem radar de terminal, associado a uma infraestrutura aeroportuária adequada, conseguem praticar capacidades bem maiores em relação àquelas localidades que prestam o serviço não radar em suas terminais. Ressalta-se, também, que a instalação de ILS em alguns aeroportos reduziria os mínimos meteorológicos para operações de pouso, tornando o aeródromo menos vulnerável a condições meteorológicas adversas.



**MODUS OPERANDI DEL ÓRGANO ATC** - Cada localidad posee particularidades que afectan sus operaciones del día-a-día. Los modelos operacionales de los Órganos ATC establecen procedimientos a ser adoptados por los Controladores de vuelo, teniendo en objetivo, principalmente, mantener la seguridad de las operaciones. Existen localidades, por ejemplo, que poseen su punto de espera para el ingreso en la pista el retiro de la cabecera, de forma a evitar interferencia en los sistemas de aproximación de aterrizaje de precisión (interferencia en el GLIDE). Tal hecho colocaría en riesgo las operaciones de aterrizaje en condiciones degradadas de techo y visibilidad. Se incrementan las particularidades de cada localidad a las condiciones de relevo, que no permiten la elaboración de procedimientos para un aterrizaje directo, y aeropuertos que no se encuadran en las especificaciones de ICAO, en relación al

largo de TWY's, al PCN, y las distancias entre ejes que no permiten operaciones simultáneas de aeronaves de gran porte.



**METEOROLOGÍA** - Las condiciones meteorológicas adversas pueden acarrear desde el aumento de las separaciones al final, debido al exceso de desvíos, hasta la reducción de la capacidad a zero, en función de fenómenos meteorológicos bastante restrictivos (nieblas, tormentas, etc.). El aeropuerto de Guarulhos posee diferentes tipos de separación, en función de las condiciones meteorológicas reinantes y de las cabeceras en uso, acarreando variaciones de la capacidad del conjunto de pistas.



## 6 CONCLUSIÓN

El sistema de control de tráfico aéreo (ATC) y la infraestructura aeroportuaria deben poseer una capacidad suficiente para atender la circulación aérea, inclusive en los intervalos de mayor movimiento. Entretanto, se percibe que, en muchos casos, el crecimiento acelerado del tráfico aéreo no está siendo seguido, en las mismas proporciones, por la infraestructura instalada. Ese escenario puede ocasionar un desequilibrio entre la capacidad instalada y la demanda prevista, reflejándose en el volumen de carga de trabajo del ATC, con tal de tener como resultado restricciones a la navegación aérea.

Así, para mantener los índices de seguridad y garantizar un óptimo flujo de tráfico aéreo es necesaria la creación de mecanismos apropiados dentro del sistema denominado Gerenciamiento de Flujo de Tráfico Aéreo (ATFM – Air Traffic Flow Management).

El Gerenciamiento de Flujo de Tráfico Aéreo es una actividad que complementa el Servicio de Control Tráfico Aéreo y tiene como objetivo optimizar el flujo, reducir las esperas tanto en vuelo cuanto no solo, a parte de prevenir una sobrecarga en el sistema y

sus consecuentes implicaciones en la seguridad de las operaciones, o sea, balancear la demanda y la capacidad.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÉLGICA. EUROCONTROL – CFMU . EUROCONTROL[*Bruxelas*], <http://www.eurocontrol.int>.

EUA. Federal Aviation Administration. FAA Academy (MMAC). *Capacity. Enhanced Traffic Management Coordinator Course [Oklahoma], 17 de maio de 2007.*

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

BRASIL. DECEA-CGNA. Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea. Curso CGN004, Curso de Capacidade de Pista e de Espaço Aéreo, 2009.

## ÍNDICE

1.	DISPOSICIONES	PREELIMINARES
	.....	02
1.1.	FINALIDAD .....	02
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	02
1.3.	ÁMBITO .....	02
1.4.	ELABORACIÓN Y REVISIÓN .....	
	02	
1.5.	GRADO DE SIGILO .....	
	02	
2.	INTRODUCCIÓN .....	
	03	
3.	DEFINICIÓN.....	04
4	HISTORIAL DE LA CAPACIDAD DE LA PISTA EM BRASIL.....	04
5	RELACIÓN ENTRE CAPACIDAD, DEMANDA Y ATRASO.....	06
6	ELEMENTOS QUE AFECTAN A LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE PISTAS.....	07
7	CAPACIDAD AEROPORTUARIA.....	08
8	METODOLOGÍA ADOPTADA POR LA DECEA.....	10
9	PRINCIPALES PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE PISTA.....	10
10	ESTRATEGIAS PARA OTIMIZAR LA CAPACIDAD.....	11
11	CAPACIDAD ATC.....	12
12		
	CONCLUSIÓN.....	1
4		

