

**COMANDO DE AERONÁUTICA**  
**CENTRO DE GESTION DE NAVEGACION AÉREA**



**GESTIÓN DE FLUJO DE TRÁNSITO AÉREO**

**1. ORIENTACIONES PARA EL ESTUDIO DEL CÁLCULO  
DE CAPACIDAD DE PISTA**

## **1. DISPOSICIONES PRELIMINARES**

### **1.1 FINALIDAD**

La presente nota tiene por finalidad presentar el protocolo establecido para la elaboración de un estudio de Cálculo de Capacidad de Pista, detallando todas las fases que forman parte del referido cálculo.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

(Cn) Identificar las fases en la elaboración de un estudio de Cálculo de Capacidad de Pista.

### **1.3 ALCANCE**

La presente nota ha sido desarrollada para el Curso de Cálculo de Capacidad, impartido por el Centro de Gestión de la Navegación Aérea (CGNA)

### **1.4 ELABORACIÓN Y REVISIÓN**

Elaborada por el Cap. Esp. CTA Juarez Franklin Gouveia en 2011.

### **1.5 GRADO DE RESERVA**

El presente documento no ha sido clasificado como reservado.

## **2. FASES DE UN ESTUDIO DE CÁLCULO DE CAPACIDAD DE PISTA**

Se considera que un estudio de cálculo de capacidad de pista está compuesto, básicamente, de 4 fases:

- Planeamiento;
- Trabajo de Campo;
- Elaboración del Cálculo de la Capacidad de Pista
- Elaboración del resumen o informe

### **2.1. PLANEAMIENTO**

El planeamiento del Cálculo de Capacidad es la fase preparatoria del trabajo, donde serán establecidas las estrategias para la realización de los estudios. Por lo tanto, los especialistas involucrados seguirán los siguientes pasos:

- Elección de los aeródromos a ser analizados;
- Estudio inicial de los aeródromos elegidos
- Definición del período de estudio;
- Contacto con los organismos responsables de los aeródromos elegidos.

#### **2.1.1. ELECCIÓN DE LOS AERÓDROMOS A SER ANALIZADOS.**

En esta fase, se definen los criterios para la selección de los aeródromos donde se realizarán los cálculos de capacidad de pista, estableciéndose la prioridad de cada aeropuerto en el referido estudio. Cabe resaltar que, después que los aeropuertos a ser estudiados han sido seleccionados y priorizados, se deberá desarrollar un protocolo para la actualización de los valores de capacidad respectivos. Este protocolo deberá definir el tiempo necesario para que los estudios sean rehechos.

Para seleccionar los aeropuertos a ser analizados y el protocolo de actualización de los valores, se pueden utilizar diversos criterios. Entre los elementos a ser evaluados, podemos citar:

- demanda de capacidad; y
- necesidad estratégica

### **2.1.1.1. EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE CAPACIDAD**

El órgano de gerenciamiento debe analizar el movimiento de todos los aeródromos sobre su responsabilidad, verificando el comportamiento de las respectivas demandas en los últimos cinco años. Después de la evaluación de las respectivas demandas, los aeródromos serán clasificados según los respectivos porcentajes de crecimiento.

#### **2.1.1.1.1. NECESIDAD ESTRATÉGICA**

En vista de la Gestión del Flujo de Tránsito Aéreo, algunos aeropuertos pueden ser priorizados dentro de los estudios para el cálculo de capacidad teniendo como referencia necesidades estratégicas para el ATFM. Pueden ser consideradas necesidades estratégicas las siguientes situaciones:

- los aeropuertos que son punto de distribución de la red aérea (“*HUB*”);
- los aeropuertos de las capitales de los Estados;
- los aeropuertos situados en TMA con volumen de tráfico acentuado;
- los aeropuertos de punto de entrada y salida del territorio nacional;
- aeropuertos que sufran impactos causados por eventos estacionales;
- aeropuertos que sean objeto de obras de mantenimiento;
- aeropuertos apuntados por el Gobierno como estratégicos.

### **2.1.2. ESTUDIO INICIAL ACERCA DE LOS AERÓDROMOS ELEGIDOS**

Después de ser evaluadas la demanda y la necesidad estratégica, será elaborado el plan de acción para la realización de los estudios necesarios la realización de los de los cálculos. Algunas informaciones podrán ser analizadas previamente, o sea, antes del trabajo de campo. En estos estudios serán analizados los siguientes elementos:

- Mix de aeronaves
- Porcentaje de utilización de pista por cabecera
- Características operacionales: SID/IAL, NOTAM previstos, datos del AIP-Brasil, datos del AIP-MAP y ROTAER.

#### **2.1.2.1.1. DETERMINACIÓN DEL MIX DE AERONAVES**

Antes de proseguir para el trabajo de campo, deberá ser determinado o MIX de aeronaves que opera en el respectivo aeródromo (% de aeronaves clasificados de acuerdo con los criterios del Doc. 8168). El MIX de aeronaves permite evaluar previamente: a separación utilizada por el órgano ATC, el impacto causado por la deficiencia de la infraestructura y los mejores horarios para la recolección de las muestras de los tiempos de ocupación de la pista, una vez que algunas categorías operan en horarios específicos.

Para la determinación del MIX de aeronaves, se debe tener en cuenta el movimiento para el período de 12 meses. Se considera que la evaluación referente a este período, permite que el especialista consiga estudiar los diversos factores que afectan la operación del aeródromo, o sea, las condiciones climáticas, los períodos de alta y baja temporada, fiestas típicas locales y otros.

#### **2.1.2.1.2. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE PISTA POR CABECERA**

Conforme se ha citado anteriormente, además del MIX de aeronaves, el porcentaje de ocupación de pista también deberá ser calculado previamente. Este porcentaje deberá ser calculado para cada una de las cabeceras del aeródromo, propiciando una evaluación anticipada del comportamiento operacional y sus impactos, como por ejemplo: la separación utilizada por el órgano ATC en función de la cabecera en uso, la deficiencia de la infraestructura aeroportuaria (Ej: falta de salidas rápidas para una determinada pista), los efectos causados por la operación de otros aeródromos, etc.

Para la determinación del porcentaje de utilización de pista, se debe tener en cuenta el movimiento para el período de 12 meses. Se considera que la evaluación referente a este período, permite que el especialista consiga estudiar los diversos factores que afectan la operación de las pistas, destacándose las condiciones meteorológicas.

#### **2.1.2.1.3. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES**

Los especialistas responsables por el cálculo de capacidad deben estudiar las características operacionales del aeródromo previamente conocidas, como por ejemplo: SID/IAL, NOTAM previstos, datos del AIP-Brasil, datos del AIP-MAP y ROTAER. El estudio

de la característica operacional asociado al porcentaje de utilización de pista y al MIX de aeronaves resultará en una evaluación detallada de los impactos causados en la operación del aeródromo.

### **2.1.3. DEFINICIÓN DEL PERÍODO DE ESTUDIO.**

Después definida la secuencia de prioridad para la realización de los cálculos, será decidido el número de días necesarios y cuál es el mejor período para la realización de los trabajos. En cuanto a estos aspectos, se debe evitar la influencia de elementos que puedan afectar el cálculo de la capacidad. Las técnicas de muestreo permitirán determinar, con cierto grado de confiabilidad, el número del ideal de Muestreo. Actualmente, se usa un número mínimo de 15 días para la recolección de tiempos. Con todo, este período puede variar conforme al muestreo deseado y a la influencia de algunos elementos, como por ejemplo:

- Comportamiento de la demanda
- Deficiencia de la infraestructura
- Meteorología,

#### **2.1.3.1. COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA**

Cada aeródromo posee una distribución propia de la demanda, provocando la concentración de determinadas categorías de aeronaves en días y en horarios específicos. De esta forma, la recolección de muestras deberá ser planeada para permitir un muestreo que contemple todas las categorías de aeronaves.

#### **2.1.3.2. DEFICIENCIA DE LA INFRAESTRUCTURA**

Los especialistas deberán evaluar, aún, la característica operacional del aeródromo, verificando su influencia en el comportamiento de la demanda. Los aeródromos que posean una demanda baja, pero están siendo objeto de deficiencias en la infraestructura, pueden obligar a una permanencia mayor del equipo en el lugar. Se incluyen en este caso los aeródromos que no poseen salidas en las cabeceras, obligando a circular por la propia pista. En este caso, será necesaria una evaluación con criterio del impacto causado por este procedimiento, indicando un muestreo más confiable.

### **2.1.3.3. METEOROLOGIA**

Se debe tener en cuenta aún, la influencia de las condiciones meteorológicas en la operatividad del aeródromo. Determinados aeródromos tienen sus operaciones afectadas por nieblas, dificultando la recolección de los tiempos de ocupación de pista.

### **2.1.3.4. CONTACTO CON LOS ÓRGANOS RESPONSABLES POR LOS AERÓDROMOS ELEGIDOS**

Una vez determinada la prioridad de los aeródromos a ser estudiados en el período necesario para la realización del trabajo, serán proporcionados los contactos con los respectivos responsables por la administración de cada aeródromo. Los mismos deberán ser informados, previamente, del motivo y del objetivo por los cuales será enviado un equipo para el referido lugar.

Este informe será realizado a través de documentación patrón previsto por la rutina administrativa correspondiente, o sea, será enviado un mensaje vía FAX para el aeródromo objeto del estudio y un oficio para el órgano al cual este aeródromo está subordinado.

Este primer contacto posibilita identificar algún tipo de problema que dificulte la realización del trabajo de campo, como por ejemplo, una reforma en las dependencias de la Torre de Control. Con base en las informaciones recibidas, los especialistas podrán redefinir a lista de prioridades citada anteriormente.

## **2.2. TRABAJO DE CAMPO**

En el primer día en el lugar, el equipo que realizará el levantamiento observará el *Modus Operandi* del órgano ATC y procurará obtener informaciones de los ATCO de la TWR con respecto a las posibles restricciones que puedan afectar la capacidad del aeropuerto y el flujo del tránsito aéreo.

En caso que en el lugar haya un APP, se hace necesaria una visita al mismo, con el objetivo de entender la circulación de la TMA, cómo el APP alimenta a la TWR y cómo funciona la coordinación entre los dos órganos.

A partir del segundo día, con base en el análisis de la demanda y en las informaciones obtenidas junto a los controladores locales en el día anterior, el equipo procurará obtener las muestras de tiempo de las aeronaves, de preferencia en momentos donde hay un mayor volumen de tránsito aéreo, para obtener tiempos de diversas categorías de aeronaves y verificar como fluye el tráfico en el aeropuerto en los momentos de mayor demanda.

Muchos aeropuertos poseen más de un horario pico, siendo interesante que durante el levantamiento el equipo procure tomar tiempo en diferentes horarios pico, verificando así la fluidez del tránsito y el modo de operación de los distintos equipos de servicio de la TWR.

El equipo debe tomar nota que muchas veces determinados tipos de aeronaves solamente vuelan en determinados horarios. En este caso, puede haber la necesidad del equipo de precisar acompañar la operación en otros horarios fuera de aquellos establecidos inicialmente, para mejorar la cualidad de la muestra, obteniendo el tiempo de todas las categorías de aeronaves.

En esta fase del estudio, los siguientes aspectos serán considerados:

- Formación del equipo de especialistas
- Recolección de los tiempos
- Estudio das características operacionales

### **2.2.1. FORMACIÓN DEL EQUIPO DE ESPECIALISTAS Y LA COLECCIÓN DEL TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA**

Los equipos que realizarán las recolecciones de datos en los aeródromos deberán ser compuestos, básicamente, por especialistas en el control del tránsito aéreo.

Cabe resaltar, que el número ideal de profesionales necesarios para componer el equipo será establecido de acuerdo con la complejidad de la operación del aeródromo y el número de pistas existentes.

Se resalta que durante la recolección de los tiempos de ocupación de pista no podrá haber, por parte del equipo de cálculo, interferencia en la operación analizada. Los tiempos recolectados deben producir un valor de capacidad que refleja, exactamente, la realidad operacional practicada por el ATC y por los operadores de aeronaves.

### 2.2.1.1.1. AEROPUERTO CON UNA PISTA

La composición mínima de un equipo, para un aeródromo que posea una única pista y baja complejidad, será la siguiente:

- 01 CTA que quedará responsable por la toma de tiempo en la aproximación final hasta cruzar la cabecera;
- 01 CTA que será responsable por la toma de tiempo en el aterrizaje a partir del momento en que una aeronave cruza la cabecera hasta liberar la pista en uso;
- 01 CTA que será responsable por la toma de tiempo en los despegues, a partir del momento en que la aeronave inicia la corrida hasta el momento en que la misma cruza la cabecera opuesta;
- 01 CTA que será el coordinador de la misión y que, generalmente es el elemento de mayor experiencia, permanecerá responsable por verificar el Modelo Operacional de la TWR/APP y analizar o “*Modus Operandi*” del aeropuerto, verificando todas las restricciones que afecten la capacidad de la pista o flujo del tránsito aéreo. Además, el coordinador mantendrá un estricto control de los datos recolectados.

En esta configuración operacional, el número mínimo de componentes del equipo será de 4 Personas.

### 2.2.1.2. AEROPUERTO CON DOS PISTAS

La composición mínima de un equipo para un aeródromo que posea dos pistas y alta complejidad, dependerá del modo de operación de las pistas.

#### 2.2.1.2.1. OPERACIÓN SEGREGADA O DEPENDIENTE

En un aeropuerto con dos pistas donde se realice una operación segregada o dependiente, el equipo ideal será compuesto por los siguientes elementos:

- 01 CTA que será responsable por la toma de tiempo en la aproximación final hasta cruzar la cabecera;
- 01 CTA que será responsable por la toma de tiempo en el aterrizaje a partir del momento en que una aeronave cruza a cabecera hasta liberar a pista en uso;
- 01 CTA que permanecerá responsable por la toma de tiempo en los despegues, a partir del momento en que a aeronave inicia a corrida hasta o momento en la misma, cruza la cabecera opuesta;
- 01 CTA que será el coordinador de la misión y que, generalmente es el elemento de mayor experiencia, será responsable por verificar el Modelo Operacional de la TWR/APP y de analizar

el “*Modus Operandi*” del aeropuerto, verificando todas las restricciones que afecten la capacidad de la pista o flujo del tránsito aéreo. Asimismo, el coordinador mantendrá un estricto control de los datos recolectados.

En esta configuración operacional, o número mínimo de componentes del equipo será de 4 personas.

### **2.2.1.3. OPERACIÓN INDEPENDIENTE**

En un aeropuerto con dos pistas donde se realice una operación independiente, el equipo ideal será compuesto por los siguientes elementos:

- 01 CTA, por pista, que será responsable por la **toma de tiempo** en la aproximación final hasta cruzar a cabecera;
- 01 CTA, por pista, que será responsable por la **toma de tiempo** en el aterrizaje, a partir del momento en que una aeronave cruza la cabecera hasta liberar la pista en uso;
- 01 CTA, por pista, que será responsable por la **toma de tiempo** en los despegues, a partir del momento en que la aeronave inicia el rodaje hasta el momento en que la misma cruza la cabecera opuesta;
- 01 CTA que será el coordinador de la misión que, generalmente es el elemento de mayor experiencia, será responsable por verificar el Modelo Operacional de la TWR/APP y analizar el “*Modus Operandi*” del aeropuerto, verificando todas las restricciones que afecten la capacidad de la pista o flujo del tránsito aéreo. Asimismo, el coordinador mantendrá un estricto control de los datos recolectados.

En esta configuración operacional, el número mínimo de componentes del equipo será de 7 personas.

### **2.2.2. RECOLECCIÓN DE LOS TIEMPOS**

Los tiempos recolectados durante el estudio serán contabilizados en formularios específicos (conforme a los mostrados en el curso de capacidad suministrado en el CGNA) o similares existentes. Después haber obtenido una muestra suficiente de tiempos, los mismos deberán ser insertados en el modelo matemático del cálculo de capacidad.

De acuerdo con el modelo arriba mencionado, para cada fase de la recolección de tiempos deberán ser observados aspectos específicos, como:

- Tiempo en la aproximación final hasta la cabecera
- Tiempo en el aterrizaje y en el despegue

### **2.2.2.1. TIEMPO EN LA APROXIMACIÓN FINAL HASTA LA CABECERA**

En este escenario, el especialista podrá encontrar dificultad en determinar el momento en que una aeronave cruce el marcador externo, debido a la distancia en que este auxilio está localizado. Consecuentemente, podrán ser utilizadas herramientas automatizadas que permitan la visualización de una aeronave en la aproximación final. (Ex: TARIS o BRIGHT DISPLAY).

### **2.2.2.2. TIEMPO EN EL DESPEGUE Y EN EL ATERRIZAJE**

En este escenario, podrá haber una dificultad en determinar el momento exacto en que una aeronave cruza la cabecera o libere la pista en uso, debido al posicionamiento de la TWR donde está siendo realizado el estudio. El especialista responsable por la toma de tiempo podrá utilizar recursos automatizados (Ex: TARIS, BRIGHT DISPLAY, CAMARAS DE VÍDEO, etc.) o, en casos críticos, se deberá desplazar hasta el punto medio de la pista para el referido estudio.

### **2.2.3. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES**

En el estudio de las características operacionales, los especialistas deberán observar todos los detalles en cuanto a la operación del aeródromo y evaluar sus impactos en la capacidad, principalmente, los efectos causados en la separación empleada por el ATC y en el tiempo de ocupación de pista de las aeronaves. Para tal efecto, se puede citar como ejemplo:

Análisis de los procedimientos operacionales adoptados por el órgano ATC y que están previstos en los Modelos Operacionales, Acuerdos Operacionales y otros. A través de este estudio será posible observar los conflictos de tránsito entre aeropuertos, las separaciones adoptadas por el ATC, etc.

## **2.3. ELABORACIÓN DEL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD**

Una vez concluido el trabajo de campo, los especialistas iniciarán los cálculos y el análisis de los valores encontrados. Los tiempos de ocupación de pista serán insertados en las respectivas planillas, conforme a la metodología aplicada. Siguiendo lo que preconiza la metodología adoptada e conforme previsto en los métodos para cálculo de capacidad de Sector ATC, específicamente, los listados en el Anexo C, del Doc. 9426, un órgano ATC no es capaz de operar con su capacidad máxima durante todo el turno de funcionamiento, siendo afectado por

diversas variables que reducen considerablemente la capacidad en determinados horarios. Para tanto, serán adoptados los índices de 80% y 90% como porcentajes óptimos para ser practicados por el órgano ATC, permitiendo una flexibilización de los valores de capacidad en un intervalo ideal de tiempo, garantizando la seguridad de las operaciones aéreas.

#### **2.4. ELABORACIÓN DEL ACUERDO O INFORME**

La elaboración del acuerdo o informe encierra las etapas referentes al cálculo, siendo el instrumento utilizado para presentar todas las consideraciones necesarias. Se considera que este documento deba ser lo más completo posible, conteniendo todos los detalles del estudio realizado, inclusive os valores de capacidad encontrados.