

## CAPITULO 2

### CONSIDERACIONES GENERALES

La finalidad de la ATFM es lograr un equilibrio entre la demanda del tráfico aéreo y la capacidad del sistema, a fin de garantizar un óptimo y eficiente uso del espacio aéreo del sistema, mediante el equilibrio entre demanda y capacidad declarada por los proveedores de servicios de tránsito aéreo.

Para poder gestionar este equilibrio entre la demanda y la capacidad es necesario conocer cuál es la demanda actual y la demanda pronosticada esperada, establecer una línea base de capacidad en base a un cálculo analítico, analizar las consecuencias que la demanda esperada tendrá sobre la capacidad actual, identificar las limitaciones del sistema actual y las posibles mejoras previo análisis costo beneficio de las mismas, identificar las prioridades y desarrollar un plan de mejoramiento de la capacidad.

#### CAPACIDAD DEL ESPACIO AÉREO

La capacidad del espacio aéreo puede ser optimizada dependiendo de factores que hacen al diseño del espacio aéreo, la flexibilidad del mismo, la capacidad del sistema ATC, números de sectores y su complejidad, espacio aéreo segregado, los recursos humanos disponibles, entrenamiento y capacidad de respuesta, infraestructura CNS disponible, grado de automatización e incluso el equipamiento y tipo de aeronaves de la flota entre otros.

#### CAPACIDAD AEROPORTUARIA

Este documento define la capacidad aeroportuaria como el número máximo de operaciones de aeronaves para un determinado aeródromo, en condiciones especificadas (Ej.: morfología del aeródromo, mix de aeronaves, condiciones meteorológicas, facilidades, estacionamiento de aeronaves, etc.) tomando en cuenta todas las operaciones de aeronaves en despegue y aterrizaje para un período especificado de tiempo (hora, día, mes, año, estacional).

#### EL CONCEPTO CARGA DE TRABAJO

La medición de la carga de trabajo se ha intentado a través de la valoración de las diferentes tareas (Taskload) que realiza el controlador.

Complementariamente, no pueden dejarse de lado los extensivos estudios y aproximaciones sobre la carga de trabajo que consideran los factores humanos donde la conciencia situacional, la detección de errores y monitoreo del sistema, el trabajo en equipo, la confianza y adecuado entrenamiento, el error humano etc. constituyen entre otros, aspectos fundamentales a tener en cuenta.

La naturaleza de las tareas que constituyen la carga de trabajo es importante a la hora de evaluar la capacidad puesto que hay tareas que pueden ser observables y posibles de cuantificar y otras que no son observables y por lo tanto no son tan fáciles de cuantificar.

#### MODELO DORATASK

Éste es un modelo analítico que se apoya en simulación de tiempo acelerado, que brinda ejemplos claros y cálculos lógicos.

La carga de trabajo es calculada por la suma del tiempo empleado por el controlador para llevar a cabo todas las tareas necesarias asociadas con el flujo de

tráfico en su sector y puesto de trabajo tanto las tareas observables como las tareas no observables. La capacidad del sector, se determina por la carga total de las tareas más un parámetro que indica la cantidad de tiempo necesaria para la recuperación del controlador.

Las tareas observables son las tareas rutinarias, aquellas que se aplican a todas las aeronaves por igual, independientemente de cuantas aeronaves tenga bajo su control y aquellas tareas orientadas a la resolución de conflictos.

Las tareas no observables son las tareas de planificación llevadas a cabo por el controlador y las tareas mentales empleadas en detectar o predecir conflictos pero aquí es necesario efectuar una consideración importante. Algunas tareas no son observables en sistemas procedurales sin embargo, si lo son y se pueden cuantificar en sistemas automatizados.

En el caso de las estimaciones de capacidad de área Terminal el Modelo DORATASK determina dos tareas no-observables que son el procesamiento inicial y el monitoreo radar y esas tareas son modeladas por el número de visualizaciones de la pantalla radar y la combinación de pares de aeronaves que deben ser chequeadas y como por definición estas tareas son lineales y cuadráticas al número de aeronaves cada una de estas medidas son multiplicadas por un número desconocido (constante) que es estimado por cada analista luego de efectuar una comparación contra sectores de capacidad conocida.

#### **MODELO DE CÁLCULO DE CAPACIDAD DE SECTORES ATC EMPLEADO POR PARAGUAY.**

La capacidad del ACC se calcula observándose las capacidades obtenidas analíticamente, según la metodología establecida en este Manual.

El valor calculado para la capacidad de un sector puede ser entendido como el número máximo de aeronaves que pueden ser controladas, simultáneamente, para cada controlador aéreo (ATCO) en un sector considerado, proporcionando, así, la capacidad aplicada por la dependencia ATC.

Esta metodología consiste en la obtención de un valor, calculado a través de fórmula matemática, cuyos datos básicos son extraídos a través de investigación realizada por un grupo de trabajo especial en la dependencia ATC, considerando un momento de elevado movimiento, donde son observadas y cronometradas las acciones del controlador y su disponibilidad para controlar los tránsitos del sector de control en aquel instante obteniendo así una muestra de datos ser utilizados en la metodología de cálculo de la capacidad de los sectores ATC.

El Modelo de Cálculo de Capacidad de sectores ATC utilizado figura en el Adjunto 1 de este Documento.

Muestreo de datos para ser utilizados en el cálculo de la capacidad en los sectores ATC.

Es importante que la recolección de datos sea significativa, a fin de diluir las desviaciones estocásticas provisionales y de representar valores fidedignos para la dependencia ATC.

El método utilizado para determinar capacidad de sector lleva en cuenta la carga soportada por el ATCO durante la ejecución de sus tareas y está basado en la evaluación de tareas ejecutadas por el controlador en los momentos de gran volumen de tránsito como hemos visto en el modelo DORATASK.

De acuerdo con el modelo actual, la carga de trabajo de un controlador es la sumatoria de los tiempos empleados en:

1. comunicación (transmisión/recepción);

2. actividades manuales (relleno de fajas de progreso de vuelo) y coordinación; y
3. planificación y distribución del tránsito.

La metodología utiliza el concepto de “factor de disponibilidad” del controlador ( $\phi$ ), que es definido como el porcentaje de tiempo disponible para que el ATCO planifique los procedimientos de separación de aeronaves.

Ese factor de disponibilidad se sitúa, comúnmente, entre un valor mínimo de 40% del tiempo del ATCO, para control no radar, y 60%, para radar. Por consiguiente, es fácil deducir que se deben concentrar los esfuerzos para un aumento del “factor de disponibilidad”  $\phi$ .

Esto último solo es posible con la aplicación de medidas que resulten en una menor intervención del controlador con las actividades citadas en 1 y 2.

Ese factor  $\phi$  puede presentar un porcentaje más grande al perfeccionarse la “Interfaz Hombre / Máquina – IHM., es decir al aumentar la automatización de algunas tareas.

Los estudios realizados indican que es aconsejable que se efectúen como mínimo 30 observaciones de cada parámetro por cada controlador, en los horarios punta de tránsito aéreo, respetando la cantidad mínima de controladores especificada por la técnica de muestreo utilizada.

La recolección de la mayor cantidad posible de observaciones y de controladores de la dependencia a evaluar es fundamental para descartar valores extremos y para minimizar cualquier tipo de tendencia existente (ej. Casos de controladores o pilotos lentos o demasiado rápidos en las comunicaciones que afecten la media aritmética).

La explicación detallada y analítica de la Técnica del muestreo utilizada en cuanto a la cantidad necesaria de observaciones por sector y por controlador se encuentra en el **Adjunto 2** a este documento.

El formulario empleado para evaluar la carga de comunicaciones ATC se encuentra en el **Adjunto 3** a este documento.

### **MODELO PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE PISTA APLICADO EN PARAGUAY**

El método de cálculo de capacidad de pista supone la operación de un despegue entre dos aterrizajes consecutivos, manteniéndose las separaciones mínimas reglamentada. La capacidad de pista es calculada, para un intervalo de sesenta minutos, en función del tiempo promedio de ocupación de pista.

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

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

Los factores de planificación son elementos utilizados para la simplificación de los modelos matemáticos o de los aspectos operacionales que tienen influencia en la determinación de la capacidad de pista. Los que se aplican más comúnmente son:

- a) condiciones ideales de secuenciamiento y de coordinación de tránsito aéreo;
- b) todo el personal es considerado con la misma capacitación y el mismo desempeño operacional.
- c) todos los equipos de radioayudas a la navegación y de ayudas visuales son considerados técnica y operacionalmente sin restricciones; y

- d) el estado de los equipos de comunicaciones (VHF/Telefonía) considerados operacionales están todos en servicio normal.

Para los factores relativos a las operaciones de aterrizaje y de despegue podemos identificar los siguientes:

- a) Tiempos promedios de ocupación de pista;
- b) Mix de aeronaves;
- c) Porcentaje de utilización de los umbrales;
- d) Longitud del segmento de aproximación final;
- e) Separación mínima reglamentaria de aeronaves aplicada;
- f) Configuración de las pistas de aterrizaje y calles de rodaje; y
- g) Velocidad de aproximación final.

Los principales parámetros utilizados en el cálculo de la capacidad de pista empleado son los siguientes:

- Mix de aeronaves (Categoría de aeronaves y velocidad de aproximación)
- Tiempo promedio de ocupación de pista (seg.).
- Criterios de separación adoptados por el ATC.

**El Mix de Aeronaves:** se define como la distribución porcentual de la flota de aeronaves en operación en el aeródromo conforme las categorías de las aeronaves. El Mix de aeronaves para aeródromos debe ser calculado a partir del movimiento total diario, constante en la IEPV 100-34 (Movimiento de Aeronaves en Aeródromos) o en el SGTC, obtenido por medio de la media aritmética de un muestreo conteniendo datos referente al período de, por lo menos, una semana.

De acuerdo al Doc 8168, las aeronaves son subdivididas en cinco categorías, según la velocidad de cruce de el umbral de la pista, que debe ser 130% del valor de la velocidad de pérdida (stall) en la configuración de aterrizaje (full flaps, gear down). De esta manera, las aeronaves son clasificadas de la siguiente forma y en las siguientes categorías:

CAT "A" Velocidad menor que 90 kt.

CAT "B" Velocidad entre 91/120 kt.

CAT "C" Velocidad entre 121/140 kt.

CAT "D" Velocidad entre 141/165 kt.

CAT "E" Velocidad entre 166/210 kt.

**El Tiempo Promedio de Ocupación de Pista:** es la Media aritmética ponderada de las medias de los tiempos de ocupación de pista por categoría de aeronave, teniendo como factor de ponderación el Mix de aeronaves que opera en el aeródromo.

Este método se basa en recolección de datos que, con el objetivo de obtener mayor precisión, se recomienda sean recolectados en la hora punta, visto que en esos horarios la afluencia de tránsito aéreo tiene mayor fluidez, reduciendo el tiempo de ocupación de la pista. En el caso que la recolección de datos efectuada no abarque todas las categorías, se podrá hacer una complementación fuera de la hora pico e incluso en días distintos. El tiempo de ocupación de pista durante el despegue será contado a partir del momento en que la aeronave abandona el punto de espera hasta el cruce del umbral opuesto.

Los criterios de separación adoptados por el ATC variarán según la reglamentación de cada estado sobre este asunto, a los efectos de este estudio, considera la

separación de 5 NM en final que coincide con el marcador exterior (OM) y el umbral de pista.

En caso de inexistencia de OM se determina un punto en la aproximación final cuya distancia sea conocida y que determine la imposibilidad de ingreso en la pista por cualquier otra aeronave, mientras que la aeronave que se dispone a aterrizar está pasando sobre ese punto o se halle entre ese punto y el umbral de la pista considerada.

Los pasos metodológicos y los formularios de recolección de datos para el cálculo de la Capacidad física, teórica y declarada de pista figuran en el **Adjunto 6** de este documento.

### **MEJORA DE LA CAPACIDAD**

El análisis demanda/capacidad identifica una serie de factores que son de extrema importancia para la planificación eficiente del sistema ATM para asegurar un óptimo balance que redunde en beneficio del ATFM. En el Adjunto 9 se establecen algunas orientaciones para los planificadores ATM para la mejora de la capacidad del sistema.

\*\*\*\*\*