

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 1 de 39

## 1. PROPOSITO

La presente Circular tiene como finalidad proporcionar al personal responsable de la medición y cálculo de capacidad de sector ATC (Experto ATFCM), los conocimientos y procedimientos detallados acerca de la metodología a desarrollar durante el proceso base para la determinación y declaración de la capacidad ATC de los sectores de control (APP – ACC) en los que se preste servicio de Control Radar.

***Nota: Los criterios y parámetros establecidos en este documento no serán aplicados a los espacios aéreos que utilicen el sistema CPDLC (Controller Pilot Data Link Communications) y control convencional (NO RADAR).***

Los valores de capacidad de sector que se obtengan como resultado de la aplicación de las metodologías descritas en el presente documento, serán expuestos en un informe denominado “INFORME CAPACIDAD DE SECTOR ATC” a la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea (DSNA), que a su vez será la responsable de la declaración oficial de los valores de capacidad de los sectores de control, a fin de ser utilizados para los fines correspondientes a la prestación de servicio ATC, y como medida de referencia para la aplicación de medidas ATFCM por parte de la FMU Colombia con el ánimo de proteger de sobrecargas a los sectores de control manteniendo la más alta eficiencia operacional en el Sistema Nacional del Espacio Aéreo – SINEA.

Esta Circular presenta la metodología a ser utilizada por COLOMBIA en su espacio aéreo y con el objeto de determinar la capacidad de un sector de Control Radar, aplica a la FIR SKED Y SKEC; la responsabilidad directa de su aplicación corresponde a la Unidad de Gestión de Flujo y Capacidad establecida por el RAC - Parte Sexta. Como quiera que esta Circular sea un documento vivo y de crecimiento, será la Unidad de Flujo por intermedio de la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea la responsable de las actualizaciones pertinentes de este documento manteniéndolo a tono con las circunstancias cambiantes de un sistema en evolución.

## 2. APLICABILIDAD

Esta Circular presenta la metodología a ser utilizada por COLOMBIA en su espacio aéreo y con el objeto de determinar la capacidad de un sector de Control Radar, aplica a la FIR SKED Y SKEC; la responsabilidad directa de su aplicación corresponde a la Unidad de Gestión de Flujo y Capacidad establecida por el RAC - Parte Sexta. Como quiera que esta Circular sea un documento vivo y de crecimiento, será la Unidad de Flujo por intermedio de la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea la responsable de las actualizaciones pertinentes de este documento manteniéndolo a tono con las circunstancias cambiantes de un sistema en evolución.

## 3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

<b>ATC</b>	Control de Tránsito Aéreo.
<b>ATCO</b>	Controlador de Tránsito Aéreo.
<b>ATFCM</b>	Gestión de la Afluencia y Capacidad del Tránsito Aéreo.
<b>CNS</b>	Comunicación, Navegación y Vigilancia.
<b>CPDLC</b>	Comunicaciones Controlador / Piloto por Enlace de Datos.



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 2 de 39

<b>DECEA</b>	Departamento de Control del Espacio Aéreo Brasileiro.
<b>DSNA</b>	Dirección de Servicios a la Navegación Aérea.
<b>FAA</b>	Administración Federal de Aviación.
<b>FMU</b>	Unidad de Gestión de Afluencia de Tránsito Aéreo.
<b>SCV</b>	Valor de la Capacidad del Sector (Sector Capacity Value)
<b>SECAP</b>	Sistema de evaluación de capacidad.
<b>SENEAM</b>	Servicios a la Navegación en el Espacio Mexicano.
<b>SLOT'S</b>	Intervalo de tiempo para la operación de un determinado vuelo.
<b>SSO</b>	Secretaria de Sistemas Operacionales

#### 4. ANTECEDENTES

El Anexo 11 al Convenio de Chicago de la Organización de Aviación Civil Internacional - OACI en el punto 3.7.5.1, establece que se implantará la gestión de afluencia del tránsito aéreo (ATFM) en el espacio aéreo, en el que la demanda de tránsito aéreo excede a veces, o se espera que exceda, de la capacidad declarada de los servicios de control de tránsito aéreo de que se trate, definición que fuera transferida a nuestros Reglamentos, en particular la Parte Sexta, que define a la **Gestión de afluencia del tránsito aéreo (ATFM)** como el servicio establecido con el objetivo de contribuir a una circulación segura, ordenada y expedita del tránsito aéreo, asegurando que se utiliza al máximo posible la capacidad ATC y que el volumen de tránsito es compatible con las capacidades declaradas por la autoridad ATS competente.

De igual manera, el Anexo 11 define a la **capacidad declarada** como la medida de la capacidad del sistema ATC o cualquiera de sus subsistemas o puestos de trabajo para proporcionar servicio a las aeronaves durante el desarrollo de las actividades normales. Se expresa como el número de aeronaves que entran a una porción concreta del espacio aéreo en un período determinado, teniendo debidamente en cuenta las condiciones meteorológicas, la configuración de la dependencia ATC, su personal y equipo disponible y cualquier otro factor que pueda afectar el volumen de trabajo del controlador responsable del espacio aéreo.

Por otro lado, los RAC en su Parte Sexta - Capítulo IX, indican que se implanta la gestión de afluencia del tránsito aéreo (ATFM) en el espacio aéreo colombiano con el objeto de equilibrar el hecho de que la demanda de tránsito aéreo excede a veces, o se espera que exceda, de la capacidad declarada de los servicios de control de tránsito aéreo de que se trate, en un momento determinado

El Documento 4444 ATM, Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea en el Capítulo 3 numeral 3.1.4.1, establece que la autoridad ATS competente deberá examinar periódicamente la capacidad del ATS en relación con la demanda del tránsito; y deberá prever el uso flexible del espacio aéreo para mejorar la eficiencia de las operaciones y aumentar la capacidad.

El Documento 4444 ATM, Capítulo 3 numeral 3.1.4.2, indica que en caso de que la demanda de tránsito exceda regularmente de la capacidad del ATC, con el resultado de demoras continuas y frecuentes del tránsito, o cuando resulte evidente que el pronóstico de demanda de tránsito excederá de los valores de la capacidad, la autoridad ATS competente debería, en la medida de lo posible poner en práctica medidas destinadas a utilizar al máximo la capacidad existente del

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 3 de 39

sistema; y preparar planes para aumentar la capacidad a fin de satisfacer la demanda actual o pronosticada.

Esta Circular presenta las dos metodologías de medición y cálculo para la determinación de capacidad de sectores ATC desarrolladas por la ATFCM de la FMU COLOMBIA, describiendo los pasos para determinar la capacidad de un sector ATC en un Centro de Control Radar (ACC), una Sala Radar u otra dependencia ATC donde se preste el servicio de control Radar, con el fin de medir y calcular la capacidad de los sectores ATC y por medio de su gestión, optimizar el uso del sistema de espacio aéreo Colombiano para satisfacer la creciente demanda de tráfico aéreo. Lo anterior descrito se implanta por medio de esta circular con el aval de la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea (DSNA).

**NOTA: Se ha considerado para el desarrollo de la metodología expuesta en este documento, la utilización del programa SECAP (SISTEMA DE EVALUACION DE CAPACIDAD) desarrollado por la misma, como herramienta de toma de datos.**

## 5. REGULACIONES RELACIONADAS:

REGLAMENTO AERONAUTICO COLOMBIANO PARTE SEXTA

## 6. OTRAS REFERENCIAS:

DOCUMENTO 4444 DE LA OACI  
ANEXO 11 DE LA OACI

## 7. MATERIA

Es necesario resaltar algunas consideraciones de carácter general que están enmarcadas dentro del propósito de esta Circular y que actúan como guía a los prestadores de servicios ATS, contribuyendo con el propósito del ATFM.

El concepto ATFCM se aplica a toda actividad relacionada con la Gestión de la Afluencia y Capacidad del Tránsito, de forma que no solamente se asegure que todas las aeronaves efectúen vuelos de forma segura, ordenada y expedita, sino también que la totalidad del tránsito controlado en un determinado punto o en un área determinada sea compatible con la capacidad declarada del sistema de control del tránsito aéreo.

La finalidad del Servicio de Gestión de la Afluencia de Tránsito aéreo y Capacidad (ATFCM) es la de lograr balancear la demanda solicitada con la capacidad declarada a fin de evitar sobrecargas en el sistema de tránsito aéreo, logrando de esta manera una mejora en la optimización del espacio aéreo y aeropuertos; obteniendo así que las aeronaves cumplan con sus horarios de partida, llegada, vuelen sin desperdicio de combustible y puedan utilizar al máximo la capacidad de la infraestructura aeronáutica disponible con un mejor aprovechamiento del espacio aéreo, dentro de los patrones internacionales de seguridad de vuelo. De igual manera el servicio ATFCM

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 4 de 39</b>

tiene como misión detectar puntos focales susceptibles de ser analizados como objeto de mejora para la gestión de capacidad correspondiente a las necesidades de la demanda de tránsito aéreo.

Para poder gestionar este equilibrio entre la demanda y la capacidad es necesario además de conocer la demanda actual y la demanda pronosticada esperada, establecer una línea 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 prioridades y desarrollar un plan de mejoramiento de la capacidad.

## 7.1 CAPACIDAD DEL ESPACIO AÉREO

La capacidad del espacio aéreo no es ilimitada, pero sin duda puede ser optimizada dependiendo de muchos factores tales como el 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.

El término capacidad del ATC se aplica a la posibilidad del sistema ATC, o de cualquiera de sus subsistemas o puestos de operación, de proporcionar servicio a las aeronaves en condiciones normales de actividad y se expresa en función del número de aeronaves que entran, sobrevuelan y salen en una parte especificada del espacio aéreo en un determinado periodo de tiempo y que puedan ser manejados de forma segura, ordenada y expedita.

La capacidad máxima que puede lograrse durante periodos cortos o instantes podría ser bastante mayor que los valores de la capacidad sostenible, esto es debido a que la predicción de la capacidad del sistema parte de la premisa del conocimiento de la capacidad disponible en condiciones operacionales óptimas (equipos, meteorológicas, de recurso humano etc.)

Se deben realizar evaluaciones de capacidad aplicando métodos que produzcan resultados realistas, los cuales es conveniente expresar en términos que hagan posible comparar los valores de capacidad. Estos valores deberían expresarse de preferencia en función del número de aeronaves que podrían ingresar a un determinado volumen del espacio aéreo en un determinado periodo de tiempo. Igualmente la carga de trabajo del controlador se evaluará mediante la sumatoria de los tiempos empleados en cada tarea observable, a fin de conocer la capacidad de los sectores de tránsito aéreo y de los puestos de control.

Cuando se cubren adecuadamente todos los requisitos de disponibilidad, la capacidad de servicio es considerada del 100%, esta se reduce cuando dichos requisitos se encuentran limitados en su operación. A mayor restricción de recursos corresponde una menor capacidad de servicio, pero también puede suceder que se tome en consideración la declaración de un porcentaje menor de la capacidad real para prever la gestión de algunas situaciones de contingencia u otro tipo de operaciones imprevistas y eliminar la necesidad de considerar degradaciones de capacidad adicionales a nivel táctico de operación.

## 7.2 GESTIÓN DE AFLUENCIA DE TRÁNSITO AÉREO Y CAPACIDAD

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 5 de 39</b>

El ATFCM apoya al ATC para que éste pueda lograr sus principales objetivos que consisten en prevenir colisiones entre aeronaves, acelerar y mantener ordenadamente el movimiento del tránsito aéreo y lograr una utilización más eficiente del espacio aéreo disponible y de la capacidad de los aeropuertos.

Para que sea eficaz, un servicio ATFCM debe contar con una continua cooperación y coordinación con las dependencias ATC participantes y con los diversos usuarios del espacio aéreo. En su planificación y organización del espacio aéreo, el Estado Colombiano deberá tratar de promover la seguridad de los vuelos, brindar suficiente capacidad para satisfacer la demanda del tránsito normal, asegurar la máxima utilización del espacio aéreo, así como la compatibilidad con los cambios que surjan a nivel internacional, y establecer un equilibrio entre los requisitos legítimos, pero a veces adversos de todos los usuarios.

La afluencia del tránsito se ve afectada negativamente algunas veces a causa de obstrucciones en el sistema. Una restricción en cualquier parte del sistema contribuirá a que surjan limitaciones en la capacidad (equipos, meteorológicas, recurso humano, factores humanos, etc.), por esta razón ni el sistema aeroportuario ni el sistema de navegación aérea deberán considerarse por separado en la planificación de mejoras del sistema total. Estas deficiencias pueden tener como resultado retrasos por re encaminamientos del tránsito y/o demoras en aeropuertos que afectan negativamente la regularidad y la economía de los vuelos. A efectos de ajustarse al crecimiento del tránsito aéreo, debe establecerse un plan apropiado para la organización del tránsito aéreo (ATM), dirigido a optimizar la utilización del espacio aéreo, así como a mantener una afluencia segura, ordenada y rápida del tránsito aéreo.

Uno de los objetivos del ATM, consiste en permitir que los explotadores de las aeronaves puedan cumplir con las horas previstas de salida y de llegada y mantener sus perfiles de vuelo preferidos con una mínima de limitaciones sin salirse de los niveles convenidos de seguridad. Pero no siempre es posible lograr una afluencia óptima del tránsito aéreo debido a varios factores restrictivos, como lo son los requisitos opuestos de los usuarios, las limitaciones del sistema de navegación aérea y las condiciones meteorológicas imprevistas. A este respecto, deberá considerarse la aplicación de medidas atenuantes tales como el control de la afluencia del tránsito aéreo, en particular cuando el sistema ATC no puede continuar haciendo frente al volumen del tránsito aéreo. Con frecuencia, la aplicación de estas medidas tiene como resultado demoras de los vuelos antes de la salida, esperas en vuelo, utilización de niveles de vuelo no económicos, re encaminamiento y desvíos, interrupciones de los programas de vuelo, mayores gastos en términos de dinero y combustible para los explotadores de aeronaves, congestión en los aeródromos o en los edificios terminales e insatisfacción en los pasajeros.

### **7.3 PLANIFICACIÓN ATFCM**

Para la planificación a largo plazo o aplicación de la fase estratégica de planificación ATFCM, es necesario anticipar adecuadamente cualquier disminución de la capacidad futura, según lo indiquen las previsiones de tránsito, las cuales son desarrolladas mediante la implantación de un programa de asignación de SLOT anticipados.

En caso de haberse detectado una disminución de la capacidad (restricción en pista, infraestructura CNS, etc.) que requiere la aplicación de medidas de gestión de la afluencia de

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 6 de 39

tránsito aéreo, es necesario conocerla para poder limitar el tránsito sin sobrecargar el sistema ni perjudicar excesivamente a los operadores aéreos.

#### **7.4 MEDICIÓN Y CÁLCULO DE CAPACIDAD.**

Para el análisis de capacidad del espacio aéreo, es necesario focalizar este en la capacidad del sistema ATC puntualizando algunos conceptos que son fundamentales a tener en cuenta como indicadores para el cálculo de la Capacidad en los Sectores ATC, como lo son la carga de trabajo y la importancia de las tareas observables y no observables que realiza el controlador aéreo.

Existen actualmente algunos modelos utilizados para la medición y evaluación de los parámetros considerados para determinar la capacidad, con miras a satisfacer la demanda de tránsito aéreo, uno de ellos es el SCV-Capacidad de Sector (SCV: Sector Capacity Value), entendido como el número de aeronaves que pueden ser controladas de manera segura y eficiente por un periodo específico de tiempo; otro modelo es el DORATASK y los modelos metodológicos de cálculo de capacidad expuestos en este documento.

#### **7.5 EL CONCEPTO CARGA DE TRABAJO.**

Es necesario analizar la incidencia de la “carga de trabajo” del controlador en la medición de la capacidad ATC de un sector determinado del espacio aéreo, así como determinar las técnicas necesarias para estimar la gestión del tráfico en un sistema automatizado por medio de modelos. La medición de la carga de trabajo se realiza 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, el adecuado entrenamiento, el error humano etc., constituyen entre otros, elementos y aspectos fundamentales a tener en cuenta y son precisamente estos los que deben ser trabajados con el objeto de mejorar en la eficiencia y en la capacidad de realizar las tareas determinadas.

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. Sin embargo, se pueden establecer algunas constantes para estas tareas no cuantificables como producto de los análisis estadísticos y así reflejar un número en la metodología aplicada por algunos modelos.

#### **7.6 MODELO SCV**

Este modelo de medición o método consiste en dividir el tiempo promedio de vuelo en el sector, entre el total del tiempo empleado para desempeñar las funciones de control necesarias para manejar el tránsito al cual se le agrega un factor constante que contempla el tiempo que un Controlador invierte en la planeación, organización del tránsito y vigilancia radar en un sector. El resultado obtenido en la fórmula representa la capacidad de Sector por el tiempo promedio de permanencia en el mismo. La capacidad del sector se calcula usando la siguiente fórmula:

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 7 de 39

$$SCV = TPS / (TFC \times 1.3)$$

Donde:

SCV = Capacidad de Sector.

TPS = Tiempo promedio de vuelo en el Sector.

TFC = Tiempo promedio empleado en desempeñar funciones de control (aceptación/transferencia de control, comunicaciones, separación, coordinaciones).

1.3 = Valor constante que representa el tiempo promedio (30%) que un Controlador debiera invertir en la planeación. Organización del tránsito y Vigilancia radar.

El uso de este método requiere que se determine el tiempo empleado para desempeñar funciones de control y el tiempo promedio de vuelo en el sector.

El tiempo promedio empleado para desempeñar las funciones de control se debe obtener midiendo los tiempos utilizados por diferentes controladores en el trabajo, durante 10 días. El valor que se obtiene con la fórmula representa el régimen de flujo que se podrá manejar durante el tiempo promedio de vuelo en el sector.

### **7.6.1 CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN DE LOS TIEMPOS DE ACEPTACIÓN/TRANSFERENCIA, COMUNICACIONES, SEPARACIONES Y COORDINACIONES.**

#### **7.6.1.1. FUNCIONES DE CONTROL (TFC):**

Se definen como Funciones de Control (TFC) las siguientes:

- a) Aceptación/Transferencia de tránsito
- b) Comunicaciones A/G
- c) Separaciones
- d) Comunicaciones P/P (Coordinaciones)

Estas funciones de Control determinarán las condiciones de los tiempos que se contabilizarán con el objeto de obtener las cargas de trabajo

#### **7.6.1.2. CONDICIONES DE LAS MEDICIONES**

El muestreo se efectuará bajo las siguientes condiciones:

- a) Los muestreos se efectuarán durante periodos con cargas de trabajo de mediana a ocupada y se registrarán como muestra las operaciones durante 10 días por Sector.
- b) Se medirán las operaciones de un Sector exclusivamente durante un mismo horario.

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 8 de 39

- c) Se deberá obtener una muestra de 50 operaciones por Sector por día, de las cuales, se considerará hasta un 10% de operaciones de aeronaves de bajo performance o de las que se registren durante ese día.
- d) **Si el tiempo promedio de permanencia en un Sector excede de 20 minutos, la operación de dicho Sector se limitará a un número máximo de 40 operaciones por hora.** El concepto anterior obedece a que, en base a la experiencia, la vigilancia radar simultanea en espacios extensos conlleva situaciones que exceden las consideraciones contempladas en el procedimiento de medición. Así mismo, y conforme a la formula, a mayor permanencia de una aeronave en un Sector se obtendrán números de capacidad mayores que podrían no reflejar su capacidad real.
- e) A todos los valores promedio del TFC (aceptación/transferencia, comunicaciones, separaciones y coordinaciones) se les agregará una constante del 30% (multiplicar por 1.3). Esta constante se ha considerado como el valor que representa el tiempo promedio que un Controlador invierte en la planeación, organización del tránsito y vigilancia radar que no es posible contabilizar en este muestreo. Así mismo, existen factores tales como espacios aéreos de uso especial, áreas militares, estructura de aerovías, número de Sectores o Unidades ATS adyacentes, tipos de operación (ascenso. descenso. sobrevuelo). Orografía, etc. que no sería posible cuantificar. Sin embargo; estos factores afectan el resultado de estas mediciones.

#### 7.6.1.3. MEDICIÓN DE TIEMPO PARA ACEPTACIÓN/TRANSFERENCIA DE TRÁNSITO:

Con el objeto de definir claramente este proceso, se considerará como Tiempo Promedio de transferencia el tiempo que se consume a partir del momento que inicia la transferencia hasta la aceptación o se efectúe la terminación.

- a) Se establece como tiempo promedio de aceptación de Tránsito un intervalo constante de 60 segundos cuando el tránsito se coordina entre Centros de Control. Lo anterior, obedece a los diferentes escenarios y parámetros de coordinación en los que se da cada uno de estos eventos.
- b) Cuando la transferencia ocurra entre Sectores del mismo Centro de Control, se contabilizará el tiempo real que dure el proceso de transferencia/aceptación. Lo anterior aplicará también para la transferencia/aceptación entre un Centro de Control y cualquier otra Unidad de Control (Torres o APP Radar).
- c) Para efectos de contabilidad de tiempo de transferencia se iniciará la medición desde el momento en el que se selecciona la traza hasta el momento de la aceptación.
- d) Para efectos de contabilidad de tiempo de transferencia se iniciará la medición desde el momento en que la traza radar parpadea y hasta el momento de la aceptación

#### 7.1.6.4 MEDICIÓN DE TIEMPO PARA COMUNICACIONES A/G:



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 9 de 39

- a) Se contabilizará el tiempo que se consume desde que se inicia la transmisión desde/hacia una aeronave hasta que termine la comunicación exitosa incluyendo el tiempo que invierte el Controlador en cambiar de transmisor/receptor.
- b) Se contará el tiempo que se lleva la transmisión de las llamadas que se hagan a una aeronave que se esté midiendo y que no se obtenga respuesta.

#### 7.6.1.5. MEDICIÓN DE TIEMPO DE SEPARACIONES:

- a) Para aplicar la separación horizontal por medio de vectoreo, se contabilizará el tiempo a partir del momento en que la aeronave cruza el fijo/punto/radioayuda a partir del que deba cambiar de dirección; o de instruye el cambio de dirección si ese cambio debe hacerse inmediatamente; y terminará hasta el momento en que se observa que la aeronave inicia el cambio de dirección.
- b) Para aplicar separación horizontal por medio de técnica Mach. Se contabilizará el tiempo desde el momento que se instruye el ajuste de velocidad hasta el momento en que el piloto termina de colacionar la instrucción.
- c) Para aplicar separación vertical, se contabilizará el tiempo desde el momento en que se instruye el ascenso/descenso "hasta nuevo aviso" y el momento en que el piloto termina de transmitir la colación de la restricción

Nota: Los tiempos que se obtengan en comunicaciones que involucren la aplicación de separaciones de lo planteado en los incisos b y c del presente numeral se anotaran en la columna de comunicaciones y se repetirán en la columna de medición de separaciones.

#### 7.6.1.6. MEDICIÓN DE TIEMPO DE COMUNICACIONES P/P:

- a) Se contará el tiempo que el Controlador Radar invierte en efectuar coordinaciones, con otras unidades ATS, relativas a una de las aeronaves que se me midiendo.

En el caso de que los valores de capacidad horaria se vean excedidos de manera constante, se deberá efectuar el análisis correspondiente para determinar si es necesaria la reorganización del espacio aéreo de dichos Sectores.

### 7.7 MODELO DORATASK

Un modelo muy usado para la valoración de las tareas para analizar la carga de trabajo es el modelo DORATASK. Éste es un modelo analítico que se apoya en simulación de tiempo acelerado, que brinda ejemplos claros y cálculos lógicos y que inicialmente fue empleado por la Dirección de Investigación y Análisis Operacional del Reino Unido para calcular la capacidad de sectores ATC (DORA Interim Report 8818, para sectores del área Terminal (DORA Interim Report 8916) y la calibración de un modelo simulado para dos sectores de ruta en el ACC de Londres (DORA Report 8927).

 <b>AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 10 de 39</b>

En este modelo 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 entonces, se determina por la carga total de las tareas más un parámetro que indica la cantidad de tiempo necesario para la recuperación del controlador.

Las tareas observables son las tareas rutinarias. Son aquellas que se aplican a todas las aeronaves por igual, independientemente de cuantas aeronaves tenga bajo su control (Ej.: comunicaciones estándares) y aquellas tareas orientadas a la resolución de conflictos si alguna aeronave está en una situación real o potencial de conflicto.

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. Aquí es necesario efectuar una consideración importante a tener en cuenta: Algunas tareas no son observables en sistemas procedimentales sin embargo, si lo son y se pueden cuantificar en sistemas automatizados (Ej.: planificación, predicción de conflictos). Si bien el trabajo de planificación es una tarea no observable, con las salvedades que hemos señalado, el Modelo DORATASK incluye algoritmos que estiman la carga de trabajo que representa el tiempo que el controlador emplea en tareas de planificación. Estas estimaciones y ejemplos están basadas en datos estadísticos que proporcionan constantes para ser utilizados en los ajustes de las fórmulas analíticas.

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, estas 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.

El Modelo DORATASK ha sido usado como base de muchas otras aplicaciones y modelos de cálculo de capacidad tomando en cuenta la carga de trabajo del controlador, sin embargo no es el único modelo a tener en cuenta ya que como hemos visto tiene algunas limitaciones, aunque para estudios de capacidad de sectores ATC es muy adecuado y perfectamente ajustable con las modificaciones del caso a sistemas automatizados.

## **7.8 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACION DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC**

### **7.8.1. INTRODUCCIÓN**

Este análisis está basado en conceptos y estudios elaborados y adoptados por:

- ➔ La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
- ➔ La Administración Federal de Aviación (FAA).
- ➔ The European Organization for The Safety of Air Navigation (EUROCONTROL).
- ➔ Dirección de Tránsito Aéreo de Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM).

 <b>AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 11 de 39</b>

→ Departamento de Control del Espacio Aéreo (DECEA), Ministerio de la Aeronáutica (BRASIL).

Estos conceptos fueron recopilados y analizados por el grupo ATFCM de la FMU COLOMBIA de la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea de la UAE de Aeronáutica Civil para ser adecuados y utilizados en la metodología desarrollada para la determinación de capacidad de sectores de control.

### 7.8.2 GENERALIDADES

El método descrito a continuación se centra en la evaluación de la carga de trabajo del controlador radar, sumando, por una parte, el tiempo insumido en tareas ordinarias o (tareas observables) y de la resolución de conflictos (observables) y, por la otra, el tiempo insumido en tareas de planificación (no observables). Además de estos dos elementos interrelacionados de las tareas de controlador, existe un tercer elemento llamado tiempo de "recuperación", es decir, una mínima proporción del tiempo no asignado a tareas específicas (observables o no observables) pero que se considera fundamental para la operación segura del sector. Esta proporción aumentaría probablemente en función del tiempo que se prevé continúe la condición de afluencia a plena capacidad. Esta metodología define la carga de trabajo de un controlador y por ende la capacidad de un sector en un tiempo equivalente (por ejemplo, 15 minutos).

Por consiguiente, el tiempo medido sobre las tareas del controlador se divide en:

- Tareas observables;
- Tareas no observables y,
- Período o tiempo de recuperación.

Aunque la carga de trabajo se determinará mediante la sumatoria del tiempo insumido en tareas observables y no observables, la capacidad se considera como el nivel de la carga de trabajo que deja al controlador un margen seguro para la recuperación.

Así pues, el número de aeronaves a las que se proporcione servicio ATC no excederá del que se pueda tramitar en condiciones de seguridad por parte de la dependencia ATC interesada. Para determinar el número máximo de vuelos a los que pueda darse cabida en condiciones de seguridad, la autoridad ATS Competente deberá evaluar y declarar la capacidad del ATC respecto a áreas de control, sectores de control dentro del área de control basada en el informe correspondiente sobre los resultados de ésta evaluación.

Finalmente, 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 el grupo de trabajo designado por el grupo ATFCM en la dependencia ATC, considerando un momento de elevado movimiento donde son observadas, cronometradas y registradas las acciones del controlador (utilizando SECAP) y su disponibilidad para controlar los tránsitos del sector de control en aquel instante obteniendo así una muestra de datos a ser utilizados en el cálculo de la capacidad de los sectores ATC.

Esta metodología tiene 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

 <b>AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 12 de 39</b>

gran volumen de tránsito como hemos visto en el modelo DORATASK. Adicionalmente, para el desarrollo del método se inicia con la cuantificación preliminar de la carga de trabajo del puesto de controlador radar analizando lo siguiente:

- Categorización de todas las actividades observadas;
- Consideración de la capacidad del espacio aéreo la cual depende del riesgo de conflictos dentro del sector y, por consiguiente, de la estructura del sector y las características del tránsito.
- El uso de equipos alternos de comunicación (por fallas en los principales);
- La coordinación de los enlaces en fonía directos.

### 7.8.3. OBJETIVO GENERAL

Definir la metodología para determinar la Capacidad de los sectores de control con el fin de planificar su desarrollo y presentar conclusiones que lleven a la optimización de los mismos, lo cuales estarán enmarcados en procedimientos definidos para una correcta GESTIÓN DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL EN EL ATC.

### 7.8.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Efectuar el cálculo de capacidad de los sectores.
- Validar los sectores de control existentes.
- Identificar los sectores que requieren mayor atención en sus procedimientos y así proponer soluciones para los aspectos críticos.
- Proponer la creación e implementación de nuevos sectores de control.
- Establecer criterios y procedimientos normalizados para el desarrollo de las operaciones aéreas en los diferentes sectores de control.
- Evaluar el servicio de control de cada uno de los sectores que están bajo vigilancia radar de un Centro de Control.
- Proponer modificaciones en las funciones realizadas por los ATCO en las diferentes posiciones de control, a fin de reducir las cargas de trabajo de los controladores y a la vez mejorar la eficiencia en la prestación de los servicios ATS en los diferentes sectores.

### 7.8.5 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Durante el registro de toma de datos de las diferentes tareas no observables en las posiciones de control, se observa que en gran medida la Tasa de Ocupación de los controladores se ve afectada por Factores Humanos y otros Factores limitantes. Para lograr un mejor entendimiento del valor de estas afectaciones a continuación se realiza una breve explicación de cada una de ellas:

### 7.8.6 FACTOR HUMANO

El elemento más importante de los factores humanos respecto a la interfaz entre el ser humano y la tecnología consiste en la capacidad del operador para mantener una conciencia de la situación en el entorno de un sistema de control. Los factores que se incluyen en la conciencia de la situación presentan cambios en diferentes proporciones que ocurren sin previo aviso, los cuales pueden influir en el rendimiento mental y físico del trabajo del controlador en determinado

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 13 de 39

momento sin que el mismo lo advierta, trayendo como consecuencia una reducción en su capacidad de actuación durante un determinado espacio de tiempo. La Adecuada formación del CEA y su recurrencia re fortalecen dicha capacidad.

**7.8.6.1. Conciencia de la situación:** La definición de conciencia de la situación que la comunidad científica aeronáutica ha aceptado presta más apoyo a la interpretación más amplia de la expresión “conciencia de la situación es la percepción de los elementos en el entorno dentro de un determinado volumen del tiempo y del espacio, la comprensión de su significado y la proyección de su situación al futuro próximo”.

**7.8.6.2. Factores personales:** La condición física y mental de una persona determinará en gran parte su forma de actuar en relación con otras personas e influirá también en el desempeño de algunas tareas por parte de esa persona. De modo sencillo, alguien que no se siente bien en su ambiente de trabajo desempeñara probablemente sus tareas de forma inferior a la óptima.

En un entorno ATC ordinario, entre los factores de bienestar físico que influyen en el rendimiento personal se incluyen la temperatura ambiente, la iluminación, el nivel de ruido en el trabajo etc.

Otro factor personal importante es ser consiente de un nivel de stress personal. Un controlador con una elevada conciencia de la situación se dará cuenta del momento en que el estrés (habitualmente causado por factores externos) influye en su actuación.

El último factor que se analiza es la fatiga, reconocerla no es fácil, pero reconocer las condiciones que puede llevar a la fatiga aumenta la conciencia de la situación. Debe preverse que se sentirá la fatiga después de trabajar un número elevado de turnos diarios consecutivos, después de un periodo de actividad física intensa durante horas fuera de servicio o al terminar un turno de noche.

**7.8.6.3. Diferencias individuales:** Se confía en que la actuación del controlador sea conforme a las normas mínimas. Los controladores deben desempeñar su labor de conformidad con estas aunque hay diferencias individuales en cuanto al grado de actuar por encima de las normas mínimas. Los seres humanos, a diferencias de las maquinas, no trabajan exactamente lo mismo una y otra vez, el reconocimiento de esta variación en el nivel de actuación de las personas es un componente importante de la conciencia de la situación.

## 7.8.7. FACTORES LIMITANTES

**7.8.7.1. Condiciones meteorológicas:** La conciencia de la situación se intensifica si se saben las condiciones meteorológicas reinantes y el pronóstico de tendencias, por lo menos mientras dura el turno del controlador. Por ejemplo, los cambios de la dirección del viento pueden implicar cambios de pista. Cuanto más denso sea el tránsito más importante será programar a tiempo el cambio de pistas. Un controlador planificará estrategias de cambio con una perturbación mínima de la afluencia del tránsito. Para los controladores en ruta, el conocimiento de las zonas del tiempo significativo ayudará a prever solicitudes de cambio de ruta o circunnavegación.

**7.8.7.2. Congestión de las comunicaciones:** Debido a que las posiciones relativas de las aeronaves cambian rápidamente, la aplicación de la separación radar implica que un controlador radar debería estar en condiciones de comunicar rápidamente con cualquier aeronave que se



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 14 de 39

encuentre bajo su control. Si la congestión de comunicaciones lo impide, el controlador radar debería aplicar mínimas de separación radar más elevadas o, si ello no es factible, poner fin al control radar. A este respecto debería observarse que de todos los factores que influyen en la seguridad de aplicación de la separación radar la congestión de comunicaciones es probablemente el más importante, y respecto al cual puede depender muy poco la voluntad del controlador radar. Puede resultar también difícil prever la congestión de las comunicaciones ya que, debido a la rápida modificación de la situación de tránsito, la carga de comunicaciones puede llegar a la saturación en pocos minutos.

**7.8.7.3. Infraestructura aeroportuaria:** La conciencia permanente de la situación de disponibilidad de las pistas en los aeropuertos bajo jurisdicción de un controlador, permite dar una respuesta adecuada a emergencias que requieran una desviación inmediata. Para los controladores de un aeródromo, la conciencia de la situación de obras en marcha no se limita a las pistas sino también a las calles de rodaje y plataformas, así como consideraciones especiales tales como obstáculos temporales en relación con la visibilidad desde la torre, por razón de obras de construcción u objetos permanentes.

**7.8.7.4. Tránsito:** La toma de conciencia de la situación real del tránsito es un elemento muy importante de la conciencia de la situación del controlador. Además de “tener un cuadro” de donde están todas las aeronaves bajo jurisdicción del controlador y cuál será la próxima, es igualmente importante ser consciente del desarrollo de la situación del tránsito. La conciencia de un controlador acerca de las configuraciones normales de tránsito le ayudará a determinar las opciones para resolver los conflictos, otro factor que puede influir en la conciencia de la situación del controlador es el de estar al tanto de la circulación del tránsito objeto de gestión. Si se espera un considerable volumen de tránsito que vaya a moverse en un sector en diferentes direcciones, las soluciones serán distintas y más lentas de aquellas cuando el tránsito se mueva en una misma o sola dirección.

**7.8.7.5. Performance de la aeronave:** Un factor determinante es el modo por el que las diversas compañías aéreas explotan habitualmente una aeronave. Las velocidades de ascenso, los regímenes o ángulos de ascenso pueden ser distintos aunque el tipo de aeronave sea el mismo. La familiaridad con tales diferencias puede ser un algo añadido a la conciencia de situación del controlador.

**7.8.7.6. Equipamiento CNS:** En este aspecto es esencial tomar conciencia acerca de la disponibilidad del equipamiento ATC, esto incluye el equipo de reserva. La fiabilidad del equipo es un factor muy importante, ya que un elevado número de fallas en una determinada pantalla radar obligará a utilizarla con prudencia al trabajar en ese puesto de trabajo, incluidas tácticas tales como aceptar menos tránsito o aplicar separaciones mayores que en circunstancias normales. También pueden ocurrir degradaciones como resultado de problemas técnicos. La habilidad para reconocer los problemas y saber cuáles son las consecuencias forma parte de la conciencia de la situación del controlador.

**7.8.7.7. Operadores y pilotos:** La “cultura corporativa” en términos de diferencias entre las líneas aéreas ha recibido considerable atención en los círculos de seguridad operacional de la aviación en los últimos años. Estas diferencias existen en el subconsciente de los controladores quienes

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 15 de 39

han aprendido a tener en cuenta el nivel de actuación subjetivo de los diversos operadores. Esta subconsciencia es parte de la conciencia de situación del controlador.

### 7.8.8. SEPARACIÓN

Es el término genérico usado para describir la acción de los servicios de tránsito aéreo (ATS) para mantener los aviones en operación en una misma área general en tales distancias que el riesgo de colisión está mantenido debajo de un nivel aceptable de seguridad. Tal separación se puede aplicar horizontalmente y verticalmente. La separación requerida entre el avión se expresa generalmente en términos de distancias mínimas en cada dimensión que no deba ser infringida simultáneamente.

**7.8.8.1. Determinación de la separación:** La determinación de la separación vertical o de los mínimos de separación longitudinales basados en distancia o tiempo se debe basar en la calidad de la información disponible para el ATC y el piloto. Los tiempos de la decisión, de la coordinación y de la transmisión pueden tener una influencia en el uso de los mínimos longitudinales de separación.

**7.8.8.2. Separación horizontal:** Regulaciones Internacionales adoptadas por Colombia que permiten unas separaciones bajo ambiente RADAR de:

- ➔ 2.5 NM (Dos punto cinco millas náuticas en aproximaciones dependientes con las aeronaves establecidas en los respectivos LLZ).
- ➔ 3.0 NM (Aeronaves establecidas en el mismo LLZ sin ser afectadas por la turbulencia de estela).
- ➔ 4.0 NM (Separación por estela turbulenta, aeronave pesada1 – pesada2, separación para configuración de pistas 31 con guía vectorial).
- ➔ 5.0 NM (Separación radar, separación por estela turbulenta pesada1 – media2 separación en VAP a la misma pista).
- ➔ 6.0 NM (Separación por estela turbulenta media1 – ligera2 en configuración pistas 31).
- ➔ 7.0 NM (Separación por carta de acuerdo a la misma pista en condiciones MET sean iguales o superiores a 5.000 mts y/o techo de 1.500' y acción de frenado optima).
- ➔ 9.0 NM (separación a una sola pista en condiciones de 5.000 mts y/o techo inferior 1.500' o acción de frenado disminuida).
- ➔ 10.0 NM (Separación en espacios aéreos superiores).
- ➔ 12.0 NM (Separación en operación ILS CAT II de no existir transito para despegue).
- ➔ 15.0 NM (Separación en operación ILS CAT II).

Para el logro en la aplicación de una separación los controladores deberán considerar:

- ➔ La precisión de los equipos usados por el ATC.
- ➔ La dinámica natural del ATC.
- ➔ La dificultad en mantener una separación constante en distancia entre aeronaves con diferentes velocidades (mezcla de aeronaves).
- ➔ Elementos de Conciencia de la Situación en el ATC (anteriormente descritos).
- ➔ Los estándares de eficiencia establecidos para el ATC.

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 16 de 39</b>

De este modo una práctica que no esta alineada con la eficiencia es que los controladores buscan mantener una separación basada en tiempo o de conservar una separación horizontal mucho mayor a la mínima.

En sectores de control en los cuales exista una gran mezcla de aeronave se presenta y es muy común el suceso del alcance entre las aeronaves. En condiciones bajo un ambiente radar es necesario asegurar una separación en distancia de por lo menos 5 NM en áreas terminales y de 10 NM en áreas superiores, en todo punto de la trayectoria común en rutas de aeronaves con la misma derrota, rutas con derrotas paralelas, derrotas que se cruzan o derrotas opuestas, hasta el punto en que las trayectorias se separan convencionalmente o se logra establecer otro tipo de separación reglamentaria. La distancia será definida previo análisis de factores tales como los tipos de aeronave, topografía circundante, complejidad de los procedimientos de vuelo y confiabilidad del sistema radar y de comunicaciones, es conveniente evitar ese gran número de mezclas de aeronaves en sectores demasiado grandes dado que se castiga en gran medida la capacidad de los sectores.

#### **7.8.9. CONDICIONES PARA LA MEDICIÓN**

El análisis y toma de datos se efectuarán durante periodos comprendidos de horas pico de los respectivos sectores de control, para lo cual se deberá tener en cuenta:

- La no interferencia en la operación del sector.
- La toma de datos en escenarios reales.
- La no realización de tomas en turnos de instrucción.
- La no realización de tomas en ausencia del personal adecuado y/o mínimo de la posición de control.
- La realización de tomas con una duración máxima de 60' (sesenta minutos).
- La realización de tomas de cada uno de los sectores con diferentes controladores.
- La realización de tomas bajo ambiente RADAR.

#### **7.9 RECOPIACIÓN DE DATOS**

La recopilación de datos se centra en cuatro áreas básicas (tiempos de vuelo de aeronaves, tiempos en comunicaciones, tiempo en comunicaciones de coordinación, tiempo de tareas observadas), que en gran medida podrán ser utilizadas para otros estudios.

Uno de los principales datos tomados para el análisis están representados en la Tasa de Ocupación de los Controladores, lo que significa el porcentaje (%) de tiempo de ocupación para actividades identificadas como la Carga de Trabajo, ya que su desempeño es un factor fundamental para la medición de la capacidad de sectores, logrando identificar finalmente dos tipos de tareas desarrolladas por los ATCO y las cuales están definidas y agrupadas como:

##### **7.9.1. TAREAS OBSERVABLES**

Son tareas rutinarias las cuales son aplicadas por el personal de controladores de tránsito aéreo a todas las aeronaves por igual, independientemente de cuantas aeronaves tenga bajo su control,

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 17 de 39</b>

las cuales pueden ser registradas y medidas por un observador externo. Para mayor identificación estas han sido agrupadas en seis clases:

- Radiotelefonía (RTF).
- Marcado de fajas de progreso de vuelo (Manejo de planes de vuelo).
- Uso de las herramientas para realizar tareas del sistema Radar (Handovers radar, coordinaciones, supervisión radar, etc.)
- Intervenciones RADAR (vectorización).
- Coordinación de los enlaces en fonía directos (Coordinaciones entre sectores externos del ACC, coordinaciones entre sectores internos del ACC).
- Planeamiento de autorizaciones (planeación de conflictos, reautorizaciones de control);

### 7.9.2. TAREAS NO OBSERVABLES

Son las que el controlador debe realizar casi continuamente y en forma paralela a las tareas observables, son actividades mentales (no físicas) y por lo tanto un observador no puede registrar o cronometrar directamente. No obstante, estas tareas comprenden la vigilancia de la pantalla radar y la planificación de medidas futuras, las cuales resultan fundamentales en el quehacer del controlador del sector.

### 7.10 REGISTRO DE DATOS

El registro de datos recopilados durante las actividades de medición en las instalaciones de las dependencias de control, serán registrados por personal debidamente capacitado, bajo la supervisión de expertos ATFCM mediante el uso del software SECAP (SISTEMA DE EVALUACION DE CAPACIDAD), o manualmente utilizando cronómetros y hojas de cálculo para recolección de datos (EXCEL), para luego ser analizadas matemáticamente.

El desarrollo de esta fase permite registrar las acciones de control, actuaciones en el sistema y coordinaciones realizadas por los ATCO y la toma de datos en mención debe ser efectuada durante periodos de 3,15 y 60 minutos, en donde la densidad de tráfico sea considerada alta.

La franja horaria escogida para la toma de datos deberá ser evaluada en base a estadísticas en cada sector durante periodos anuales de mayor número de operaciones a fin de lograr determinar la franja horaria pico en los diferentes sectores de APP y ACC ya que:

El número de aeronaves que puedan ser controladas simultáneamente por una Posición de control de Aproximación es sensiblemente menor que el atribuido a una Posición de control de Área. Eso ocurre porque en las áreas terminales, las aeronaves se encuentran en una fase más compleja de vuelo, es más elevado el número de cruces de trayectorias y la proximidad de otros aeródromos, así como las combinaciones de pista que se utilizan en un dado momento tienden a dificultar la afluencia de tránsito aéreo. Por lo tanto, la división de responsabilidades entre un sector de control de Área y el correspondiente sector de control de Aproximación debe ser establecida de modo que permita la utilización máxima del espacio aéreo.

El número de aeronaves que pueden ser controladas simultáneamente por una posición de control de Área, depende, en promedio, de la estructura y de la utilización de las rutas ATS abarcadas por

 <b>AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 18 de 39</b>

el sector. En el caso de un sector en que la mayoría del tránsito aéreo realiza vuelo nivelado y opera a lo largo de las rutas ATS con sentido único, la capacidad del Controlador es considerablemente superior a aquella de un sector que posee varios puntos de cruce, donde son frecuentes los cambios de niveles y que se tenga que establecer separaciones con tránsitos en sentido contrario.

Mediante un promedio diario de operaciones de cada uno de los sectores se deberá establecer un número mínimo de tomas por sector. Es importante que la recolección de datos sea bastante significativa, a fin de diluir las desviaciones estocásticas provisionales y de representar valores fidedignos para la dependencia ATC. En las condiciones ideales, la investigación de datos debe ser llevada a cabo en el momento en que haya gran movimiento de tránsito aéreo, por eso elegir la época ideal es un factor a ser considerado, puesto que tiene influencia directa en el resultado final.

Los datos a ser registrados en el sistema son:

1. Número de vuelos en el sector.
2. Hora de entrada de las aeronaves al sector.
3. Hora de salida de las aeronaves del sector.
4. Tipo de Aeronave, tipo de operación.
5. Tiempo empleado en las comunicaciones con las aeronaves (controlador – piloto), Ej.
  - a. Primer llamado de la aeronave posterior al despegue.
  - b. Primer llamado de la aeronave entrando al sector proveniente de un sector del mismo ACC.
  - c. Primer llamado de la aeronave entrando al sector proveniente de un sector diferente del ACC.
  - d. Informe de reporte de posición de una aeronave.
  - e. Reporte de una aeronave alcanzando o cruzando un nivel.
  - f. Transmisión de instrucción para cambio de código SSR.
  - g. Instrucción a una aeronave para cambio de autorización (nivel, inicio de descenso, velocidades).
  - h. Transmisión de fin de control en el sector.
6. Tiempo empleado en las comunicaciones entre sectores del ACC control (controlador – controlador).
  - a. Solicitud de coordinación de un vuelo.
  - b. Revisión (hora, ruta, nivel).
  - c. Transferencia (fix, hora, nivel).
7. Tiempo empleado en las comunicaciones entre sectores externos del ACC en la transmisión y recepción de solicitudes.
  - a. Transferencia y recepción (hora y nivel).
  - b. Transferencia con solicitud de autorización de control.
  - c. Revisión (hora, ruta, nivel).
  - d. Transferencia de una solicitud de cambio de ruta o nivel.



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 19 de 39

- e. Transferencia a una torre de control.
  - f. Recepción de transferencia de una torre de control (hora de despegue).
  - g. Recepción de cambio de ruta o nivel.
  - h. Transmisión de una nueva restricción por falla de comunicaciones de una aeronave.
8. Tiempo empleado en el desarrollo de las tareas RADAR.
- a. Manejo de fajas de progreso de vuelo.
  - b. Registro de cambios de datos en la faja de progreso de vuelo (física o electrónica).
  - c. Recepción, verificación y acomodación de la faja de progreso de vuelo.
  - d. Funciones de HANDOFF y HANDOVER.
9. Separación RADAR, tareas de supervisión de conflictos radar.
- a. Supervisión radar por conflicto de tipo 1, (dos aeronaves con la misma derrota y nivel de vuelo).
  - b. Supervisión radar por conflicto de tipo 2, (dos aeronaves con la misma derrota y una de las cuales está en ascenso o descenso).
  - c. Supervisión radar por conflicto de tipo 3, (dos aeronaves con la misma derrota en ascenso o descenso).
  - d. Supervisión radar por conflicto de tipo 4, (dos aeronaves con derrotas cruzadas con el mismo nivel de vuelo).
  - e. Supervisión radar por conflicto de tipo 5, (dos aeronaves con derrotas cruzadas y una de las cuales está en ascenso o descenso).
  - f. Supervisión radar por conflicto de tipo 6, (dos aeronaves con derrotas que se cruzan en ascenso o descenso).
  - g. Supervisión radar por conflicto de tipo 7, (dos aeronaves en derrotas opuestas al mismo nivel de vuelo).
  - h. Supervisión radar por conflicto de tipo 8, (dos aeronaves en derrotas opuestas una en descenso o ascenso).
  - i. Supervisión radar por conflicto de tipo 9, (dos aeronaves en derrotas opuestas en ascenso o descenso).
10. Identificación del controlador trabajando en el sector (siglas del controlador).
11. Identificación del sector.
12. Observaciones operativas, estado de (radio ayudas, frecuencias aeronáuticas, equipos de reserva).
13. Estado de la presentación RADAR.
14. Condiciones meteorológicas al momento o instante de la toma.
15. Procedimientos Radar (Vínculos de predicción entre aeronaves y puntos de referencia, Vínculos de predicción entre aeronaves y aeronaves).
16. Niveles de ocupación de los sectores.
17. Mezcla del tráfico.
18. Entrevista con los ATCO.

**Nota: Los datos deberán ser medidos "in situ" para que se obtenga una medición más exacta de la realidad.**

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 20 de 39

### 7.11. TRATAMIENTO Y ESCRUTINIO DE DATOS

Debido a que, durante el registro de las tomas se ingresan a la base de datos interna un gran número de tareas del controlador las cuales son recopiladas durante el paso de cada uno de los vuelos a través del sector analizado durante un tiempo determinado, y en aras de prevenir errores en los resultados finales antes de realizar el cálculo matemático de los datos recopilados se realiza una verificación manual, a fin de detectar posibles errores en la toma o registro de los mismos. Una vez realizada la verificación se ejecuta el procesamiento de los datos mediante el uso de la metodología matemática, obteniendo al final los valores de capacidad del sector evaluado.

Estas tareas son aquellas ejecutadas por los ATCO para cualquier aeronave determinada que va de un punto "A" a un punto "B", esto debido a que todas las aeronaves tienen que establecer contacto con el ATC para que éste le proporcione autorizaciones de control, determinados rumbos, autorizaciones de nivel de vuelo y las transfiera al siguiente sector.

La secuencia en las instrucciones que se dan a una aeronave están determinadas virtualmente por la ruta asignada a través del sector, por sus puntos de origen – destino y las solicitudes realizadas durante el tiempo de vuelo en el respectivo sector.

### 7.12. ANÁLISIS FINAL

Los parámetros generales tomados en cuenta para la determinación y declaración de la capacidad son los siguientes:

- El nivel y el tipo de ATS suministrado.
- Volumen del tránsito.
- La complejidad estructural del sector de control analizado.
- La carga de trabajo del controlador.
- Los tipos de sistemas CNS de soporte, su grado de fiabilidad y disponibilidad técnicas, así como la disponibilidad de sistemas o procedimientos de reserva.
- La disponibilidad y fiabilidad de los sistemas ATC que proporcionan apoyo a los controladores y funciones de alerta.
- Cualquier otro factor o elemento que se juzgue o sea necesario para la determinación de la carga de trabajo del controlador.

La definición de capacidad establece lo siguiente: “La capacidad teórica o cadencia es el número máximo de aeronaves que el sistema ATC podrá físicamente evacuar en algún sector en una unidad de tiempo (15’ o, la hora) sin tener en cuenta la calidad del servicio y que resulta de la aplicación de fórmulas matemáticas. La consideración teórica de variables frecuentes ha llevado a definir la capacidad práctica u operacional como “el débito máximo de tránsito evacuado con una calidad de servicio igual o superior a un umbral indicado previamente.

El ajuste de la capacidad teórica, entendiéndose cálculo de la capacidad operacional, deberá ser definido por quién realiza el estudio, previa consideración de los diferentes escenarios y de las variables de difícil control, tales como:



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 21 de 39

- ➔ Aplicación de procedimientos locales;
- ➔ Juzgamiento profesional;
- ➔ Ajuste óptimo de la capacidad del sector en valores superiores o inferiores de acuerdo a la necesidad.
- ➔ Estructuras de las rutas en el sector;
- ➔ Factores humanos;
- ➔ Factores limitantes;
- ➔ Volumen del sector del espacio aéreo (vertical y horizontal);
- ➔ Complejidad de operaciones en el sector;
- ➔ Numero de sectores fusionados;
- ➔ Cantidad de tráfico en ascenso y descenso;
- ➔ Topografía (terreno);
- ➔ Operaciones militares y uso especial del espacio aéreo;

Lo expuesto anteriormente significaría que la capacidad teórica puede ser afectada en algún momento por un factor de rendimiento (R) llamado también **FACTOR DE AJUSTE**. Un valor R entre 0.6 y 0.9 podrá considerarse como apropiado.

#### 7.13 VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Una vez estudiada y desarrollada la metodología y de haber obtenido los valores de capacidad de cada sector, estos deberán ser convalidados mediante la ejecución de ejercicios prácticos en un simulador RADAR con los valores que se obtuvieron como resultado en el estudio de cada uno de los sectores.

##### 7.13.1. TÉCNICA PARA OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS

En estadística se conoce como **MUESTREO** a la técnica para la selección de una muestra a partir de una población.

Al elegir una muestra se espera conseguir que sus propiedades sean explotables a la población. Este proceso permite ahorrar recursos, y a la vez obtener resultados parecidos a los que se alcanzarían si se realizase un estudio de toda la población. Cabe mencionar que para el muestreo sea válido y se pueda realizar un estudio adecuado que consienta no solo hacer estimaciones de la población, sino estimar también los márgenes de error correspondientes a dichas estimaciones y que debe cumplir ciertos requisitos. Nunca podremos estar enteramente seguros de que el resultado sea una muestra representativa, pero si podemos actuar de manera que esta condición se alcance con una probabilidad alta. Durante el muestreo, si el tamaño de la muestra es más pequeño que el tamaño de la población, se puede extraer dos o más muestras de la misma población.

Existen dos métodos para seleccionar muestras de poblaciones: el muestreo no aleatorio o de juicio y el muestreo aleatorio (que incorpora el azar como recurso en el proceso de selección). Cuando este último cumple con la condición de que todos los elementos de la población tienen alguna oportunidad de ser escogidos en la muestra - si la probabilidad correspondiente a cada sujeto de la población es conocida de antemano - recibe el nombre de muestreo probabilístico. El



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 22 de 39

concepto adoptado en este modelo es el de extraer una fracción de la población (muestra) que sea representativa y que permita hacer afirmaciones y deducciones. Para que estas consideraciones tengan alguna validez, se debe garantizar que la muestra haya sido seleccionada de manera aleatoria y probabilística. Al obtener resultados en un proceso investigativo que sea elaborado a partir de muestras estas deducciones no son rigurosamente exactas con respecto al universo ya que, tales resultados presentan un error de medición denominado error de muestra ( $\epsilon$ ), en tal sentido no se puede evitar la ocurrencia del error de muestra, pero si se puede limitar su valor a través de la elección de una muestra de tamaño adecuado, en consecuencia cuanto mayor es la muestra, menor el error cometido y viceversa.

#### 7.13.2. NIVELES DE CONFIANZA

La confianza o el porcentaje de confianza es el porcentaje de seguridad que existe para generalizar los resultados obtenidos. Esto quiere decir que un porcentaje de 100% equivale a decir que no existe ninguna duda para generalizar tales resultados, pero también implica estudiar a la totalidad de los casos de la población. Para evitar un alto costo para el estudio o debido a que en ocasiones llega a ser prácticamente imposible el estudio de todos los casos, se busca un porcentaje de confianza menor. Comúnmente en las investigaciones sociales se busca un 95% probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad. Cualquier información que queramos recoger está distribuida según la ley de probabilidad (Gauss o Student), así llamamos nivel de confianza a la probabilidad de que el intervalo construido en torno a un estadístico capte el verdadero valor del parámetro.

A la vez hay que considerar que el nivel de confianza no es ni un porcentaje, ni la proporción que le correspondería, a pesar de que se expresa en términos de porcentajes. El nivel de confianza se obtiene a partir de la distribución normal estándar, pues la proporción correspondiente al porcentaje de confianza es el área simétrica bajo la curva normal que se toma como la confianza, y la intención es buscar el valor Z de la variable aleatoria que corresponda a tal área.

TABLA DE APOYO AL CALCULO DEL TAMAÑO DE UNA MUESTRA POR NIVELES DE CONFIANZA									
CERTEZA	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62.27%	50%
Z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.28	1	0.6745
Z <sup>2</sup>	3.84	3.53	3.28	3.06	2.86	2.72	1.64	1.00	0.45
E	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.37	0.50
e <sup>2</sup>	0.0025	0.0036	0.0049	0.0064	0.0081	0.01	0.04	0.1369	0.25

#### 7.13.3. ERROR O PORCENTAJE DE ERROR PERMITIDO

El error o porcentaje de error equivale a elegir una probabilidad de aceptar una hipótesis que sea falsa como si fuera verdadera, o la inversa, rechazar la hipótesis verdadera por considerarla falsa. Al igual que en el caso de la confianza, si se quiere eliminar el riesgo del error y considerarlo como 0%, entonces la muestra es del mismo tamaño que la población, por lo que conviene correr un cierto riesgo de equivocarse. Casi siempre se aceptan errores del 3% al 5%, en este caso

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 23 de 39

cualquiera que sea el procedimiento utilizado y la perfección del método empleado, la muestra diferirá de la población. A esta diferencia se le denomina error de muestreo.

Ejemplo:

Se ha seleccionado una muestra de un Centro de Control en el que hay 30 ATCO', se elige una muestra de 16 ATCO. Para elegir la proporción de ATCO que monitorearemos, dividimos el tamaño de la muestra entre el tamaño total:

$$16/30=0.53,$$

Lo que quiere decir que estamos tomando el monitoreo al 53% de la población.

Ahora vamos a calcular a cuantos ATCO representa cada uno de los elementos de la muestra, para el caso hacemos la división contraria, dividimos el número de ATCO de la población entre los de la muestra:

$$30/16=1.875,$$

Lo que quiere decir que cada uno de los elementos de la muestra representa a 2 ATCO del Centro de Control.

**Nota: El nivel de confianza adoptado en esta metodología es de 95% de confiabilidad y el error máximo tolerable es de 5%.**

### 7.13.3 DESVÍO ESTÁNDAR OPERACIONAL

La desviación solo significa que tan lejos de lo normal se encuentra los datos.

La desviación estándar ( $\sigma$ ) mide cuanto se separan los datos. Este valor será tomado de acuerdo al desvío estándar del muestreo que se hará durante la obtención de tiempo promedio de duración de cada mensaje, en segundos ( $t_m$ ).

### 7.13.4. MUESTREO ALEATORIO SIMPLE PARA POBLACIÓN INFINITA

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{\varepsilon} \right)^2$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra;

$Z_{\alpha/2}$  = Nivel de confianza elegido (95%), expresado con  $Z_{\alpha/2} = 1,96$ ;

$\sigma$  = Desvío-estándar poblacional; y

$\varepsilon$  = Error máximo permitido.

Con el fin de obtener unas muestras en tamaños compatibles con el nivel de confianza y con el error del muestreo deseable, este modelo utiliza la fórmula de muestreo aleatorio simple para



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 24 de 39

población infinita, esto debido a que no es posible definir con una mayor precisión el tamaño de la población durante la aplicación de la metodología para determinar el número de aeronaves bajo control simultáneo de un controlador. A fin de determinar el tamaño de la muestra de los parámetros del modelo matemático que calcula la capacidad de los sectores de las dependencias ATC.

Ejemplo para un sector:

Desviación estándar ( $\sigma$ ) obtenida en un del (tm)=21

$\sigma = tm = 11$  sg

Nivel de confianza= 95%

Error máximo permitido= 5%

Aplicando la fórmula de muestreo para población infinita,

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{\varepsilon} \right)^2 \quad n = \left( \frac{1,96 * 11}{5} \right)^2$$

$$n=18,59$$

De acuerdo a lo expuesto y con base del valor obtenido en el ejemplo la cual es menor a 21, es necesario incrementarlo a 21, de esta forma el número mínimo de repeticiones para medir el (tm) deberá ser de por lo menos 21.

#### 7.14. MUESTREO ALEATORIO SIMPLE PARA POBLACIÓN FINITA

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{\varepsilon^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra;

$Z_{\alpha/2}$  = Nivel de confianza elegido (95%), expresado con  $Z_{\alpha/2} = 1,96$ ;

$p$  = Proporción poblacional de individuos que pertenecen a la categoría de interés;

$q$  = Proporción poblacional de individuos que **no** pertenecen a la categoría de interés  
( $q=1-p$ );

$N$  = Tamaño de la población; y

$\varepsilon$  = Error máximo permitido.

Esta fórmula será aplicada para definir la cantidad mínima de controladores a ser observados en cada dependencia, la técnica de muestreo más indicada es el muestreo aleatorio simple para población finita.



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA  
DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS  
CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 25 de 39

Otro dato a tenerse en cuenta es la probabilidad de que un controlador sea observado durante un día de labores. Así, un día tiene  $X$  turnos de control, con esto la probabilidad del controlador de ser observado para uno de los turnos es de  $X$  dividido por el total de controladores y multiplicado por la cantidad de sectores.

$$p = \frac{X}{N} * \text{Cantidad de sectores}$$

Para realizar el calculo del numero mínimo de controladores a ser considerados en las tomas de tiempo debe tomar en cuenta las peculiaridades de la operación del cada Centro de Control.

Ejemplo:

ATCO en el ACC Estelar = 93

# de turnos diarios = 4

# de sectores de control = 6

$$p = \frac{4}{93} * 6$$

$$p = 0.25; p = 25\%$$

Teniendo en cuenta un nivel de confianza elegido de 95%, un valor de 5% para el error máximo permitido un  $N$  de 93 y un  $p$  de 0.25 y aplicando la formula de la técnica de muestreo aleatoria simple para población infinita se consiguen los siguientes valores:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{\epsilon^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.25 * 0.975 * 93}{0.05^2 * (93 - 1) + 1.96^2 * 0.25 * 0.975}$$

$$n = 74.6 \text{ ATCO}$$

Debido a que el tamaño total de la población es considerado pequeño, la aplicación de la formula da como resultado una muestra bastante grande con respecto de la población (81%), así cuanto menor sea el tamaño de la población, más próximo de ese valor será el valor del tamaño de la



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 26 de 39

muestra. En consideración esta muestra podrá ser repartida entre la cantidad de sectores del Centro de Control así:

Ejemplo:

# de sectores = 6

n= 75 ATCO

y=?

$$Y = \frac{\text{\# de sectores}}{n}$$
$$Y = \frac{75}{6}$$

$$Y = 12.5, Y = 13$$

Se reitera que las técnicas de muestreo revelan valores mínimos de muestras relevantes. Por lo tanto, siempre que exista la oportunidad de que sean recolectadas mas muestras, de acuerdo al tiempo y costos disponibles, se aconseja recolectar un número mayor de muestras.

**“CUANTO MAYOR SEA LA MUESTRA, MAS PRECISO SERÁ EL RESULTADO DEL ESTUDIO”.**

Mediante la aplicación de la técnica de muestreo aleatorio simple para población infinita, se obtiene el número de observaciones mínimas para la obtención de los parámetros **n** y **tm** de cada sector.

Mediante la aplicación de la técnica de muestreo aleatorio simple para población finita, se obtiene del numero mínimo de controladores a ser considerados en las tomas.

Si los recursos lo permiten se sugiere colectar el mayor numero posible de observaciones y de controladores por sector, ya que esto sirve para compensar eventuales descartes de “outliers” (valores extremos) y para minimizar cualquier tipo de tendencia existente, como por ejemplo cuando alguna de las partes (controlador o piloto) se prolongan o reducen en exceso las comunicaciones lo cual puede provocar una tendencia de aumento o disminución del **tm**.

#### 7.15. DESARROLLO METODOLÓGICO

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

Este método tiene 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.

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 27 de 39</b>

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

- Comunicación (transmisión/recepción);
- Actividades manuales (relleno de fajas de progreso de vuelo) y coordinación; y
- Planificación y distribución del tránsito.

Esta 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.

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).

#### **7.15.1 NÚMERO DE REFERENCIA DE POSICIÓN DE CONTROL (N)**

El valor N es el número de aeronaves que pueden ser controladas simultáneamente por un controlador de tránsito aéreo y se expresa por medio de la siguiente fórmula:

$$N = F \cdot d / (n \cdot t_m \cdot V_m)$$

Esta capacidad ATC es función directa o inversa de algunos factores, considerados:

##### **i. Factores directamente proporcionales a la capacidad ATC (Funciones Directas):**

- F : factor de disponibilidad del controlador, definido como el porcentaje de tiempo disponible para planificar los procedimientos de separación de aeronaves;
- d : distancia promedio recorrida por las aeronaves en el sector, que es función de las trayectorias y de los procedimientos de ruta o terminal establecidos para cada sector;

##### **ii. Factores inversamente proporcionales a la capacidad ATC (Funciones Inversas):**

- n: número de comunicaciones para cada aeronave en el sector, que debe ser restricto al mínimo necesario para el entendimiento entre el piloto y el controlador. Ese número puede ser



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 28 de 39

minimizado a través de la emisión de una autorización completa con una anticipación suficiente para la planificación del vuelo;

- $t_m$ : tiempo medio de duración de cada mensaje. Este factor puede ser minimizado al emitirse mensajes de manera objetiva, sin largas explicaciones perjudiciales al entendimiento entre el piloto y el controlador; y
- $V_m$ : velocidad medio de las aeronaves en el sector. Las velocidades medias en Áreas Terminales se ajustan, según las normas para velocidades máximas. En ruta, se recomienda, cuando necesario, sectorizar el espacio aéreo de la FIR en Espacios Aéreos Superior e Inferior, donde las aeronaves presentan desempeños equilibrados.

Substituyéndose  $d$  y  $V_m$  por el tiempo promedio de vuelo de la aeronave en la travesía del sector ( $T$ ), la fórmula anterior puede ser simplificada:

$$N = F \cdot T / (n \cdot t_m)$$

#### 7.15.2 FACTOR DE DISPONIBILIDAD DEL CONTROLADOR (F)

Se define como "**FACTOR DE DISPONIBILIDAD**" del Controlador, el porcentaje de tiempo dedicado exclusivamente a las comunicaciones (transmisión/recepción) con las aeronaves. Así no estén incluidos en este parámetro, los tiempos consumidos con las demás actividades relacionadas directamente con el control, tales como: relleno de FPV, coordinación entre Órganos/sectores, identificación de blancos, transferencias, y todavía, todo el tiempo destinado a la distribución y planificación consideradas.

Podemos identificar una relación directa entre este factor y la capacidad de control simultáneo de aeronaves, eso es, cuanto mayor el "factor de disponibilidad" (F) de un Controlador, mayor su capacidad de control simultáneo. Observamos, también, que ese factor se presentará con un porcentual mayor a medida que son optimizados los sistemas de tratamiento de plan de vuelo, vehiculación de mensajes ATS, identificación de blancos, correlación de trazas/planes de vuelo, visualización de Modo C, transferencias automáticas de control ("hand-off") y, principalmente, cuando las condiciones técnicas de las "consolas" permitan la utilización de la Posición Controlador Planificador/Coordinador como asistente para el Controlador Titular. En ese caso, todo el trabajo de coordinación será ejecutado por el Asistente. Para una mejor comprensión de la interacción de ese factor con las demás actividades de control, consideremos la carga de trabajo de un Controlador como la sumatoria de los tiempos consumidos con:

- a. Comunicación (transmisión/recepción) o "F";
- b. Actividades manuales (relleno de "strips") y coordinación; y
- c. Planificación y distribución del tránsito.

Tomándose como objetivo una mejor capacidad de control simultáneo de aeronaves en un determinado sector, debemos direccionar nuevos esfuerzos para un aumento de "F". Como podemos deducir, eso será posible con la aplicación de medidas que resulten en un menor involucramiento del controlador con las actividades b y c arriba enunciadas.

Básicamente, esas medidas envuelven estandarización y automatización de procedimientos, mejoras técnicas y, especialmente, el empleo del RADAR.



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

**CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006**

**METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR**

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 29 de 39

**7.15.3 PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO DE LOS VALORES (F,tm,n,T)**

- Factor de Disponibilidad del controlador (F):

Se realiza mediante la verificación de los intervalos de tiempo durante los cuales el controlador ejecuta las tareas de coordinación, llenado de fajas, o cualquier otra necesaria para el desempeño de sus funciones en la posición de control, excepto las comunicaciones con aeronaves (transmisión/recepción), el valor considerado será la Media aritmética de los resultados obtenidos.

**EJEMPLO**

FECHA	HORA (INICIO-FINAL)	CONTROLADOR (SIGLAS)	POSICION DE CONTROL	TIEMPO TOTAL (sg)	TIEMPO DE DISPONIBILIDAD (sg)	f (%)
20/12/2009	1300/1400	VV	LLEGADAS	3600	1133	31,4
21/12/2009	2300/0000	YT	LLEGADAS	3600	1205	33,4
22/12/2009	1500/1600	HX	LLEGADAS	3600	1145	31,8
23/12/2009	2100/2200	BZ	LLEGADAS	3600	1230	34,1
<b>FACTOR DE DISPONIBILIDAD MEDIA DEL CONTROLADOR</b>						<b>32,6</b>

- Tiempo medio de duración de los mensajes radiotelefónicos (tm):

Se realiza mediante el levantamiento del tiempo consumido por el controlador en las tareas de comunicación y recepción con cada una de las aeronaves durante todo su vuelo en el sector.

FECHA	HORA		CONTROLADOR		POSICION											
22/12/2009	INICIO	FINAL	HX		LLEGADAS											
	1300	1400														
MATRICULA	NUMERO DE CONTACTOS Y TIEMPO EN LA TRANSMISION / RECEPCION (sg)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	tm
SLX6401	11	8	13													10,6



 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 31 de 39

El valor del número de Referencia es proporcionado por el desarrollo de la fórmula simplificada descrita:

$$N = F \cdot T / (n \cdot t_m)$$

Ejemplo 1:

Se asignan los siguientes valores a las variables F, n, t<sub>m</sub>, y T en un sector de control Radar con dos posiciones, Controlador titular Radar y Controlador Planificador/Coordinador:

F=65%  
n=8  
t<sub>m</sub>=23 sg  
T=20 min.

$N = 0,65 \cdot 20 / 8 \cdot 23$   
 $N = 0,65 \cdot (20 \cdot 60) / 8 \cdot 23$   
N=4,2

Ejemplo 2:

Se asignan los siguientes valores a las variables F, n, t<sub>m</sub>, y T en un sector de control Radar con una sola posición, Controlador Radar sin Controlador Planificador:

F=45%  
n=8  
t<sub>m</sub>=23 sg  
T=20 min.

$N = 0,45 \cdot 20 / 8 \cdot 23$   
 $N = 0,45 \cdot (20 \cdot 60) / 8 \cdot 23$   
N=2,9

Según los anteriores ejemplos se deduce que la capacidad máxima de control simultáneo de aeronaves para un sector de control que cuente con un controlador titular Radar y un controlador Planificador/Coordinador es de cuatro (4) aeronaves, y que para el mismo sector de control pero que solo cuente con el controlador radar es de tres (3) aeronaves.

**NOTA: Los valores resultantes fueron redondeados así:  
Para valores decimales de N < 5 se redondea al entero inferior.  
Para valores decimales de N > 5 se redondea al entero superior.**

#### 7.15.5. CÁLCULO DE CAPACIDAD HORARIA

La capacidad horaria se calculará utilizando la siguiente fórmula:



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

**CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006**

**METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR**

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 32 de 39

$$CH = 3600sg * N / T (sg)$$

Utilizando el ejemplo 1 anterior:

$$CH = 3600sg * 4.2 / 1200sg$$

$$CH = 12.6 (aeronaves/hora)$$

**7.16. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SECTOR PARA PERIODOS DE 15 MINUTOS**

El método consiste en dividir el tiempo promedio de vuelo en el sector, entre el total del tiempo empleado para desempeñar las funciones de control necesarias para manejar el tránsito el cual contempla el tiempo que un Controlador invierte en la planeación, organización del tránsito y vigilancia radar en un sector.

**7.16.1. PASOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SECTOR PARA PERIODOS DE 15 MINUTOS**

- Determine el número de vuelos en el sector.
- Determine el promedio de tiempo de vuelo de las aeronaves en el sector (T).
- Determine el tiempo promedio de comunicaciones (controlador-piloto) en el sector (Tm).
- Determine el tiempo promedio de comunicaciones (controlador-controlador) en el sector (Tc).
- Determine el tiempo promedio en las tareas observables del controlador en el sector (Tt).

Ejemplo:

- PROMEDIO DE TIEMPO DE VUELO DE LAS AERONAVES EN EL SECTOR A EVALUAR:

FECHA	HORA		CONTROLADOR	POSICION
22/12/2009	INICIO	FINAL	HX	LLEGADAS
	1300	1315		
MATRICULA	TIEMPO DE VUELO EN EL SECTOR			TIEMPO DE VUELO EN EL SECTOR (T)
	HORA ENTRADA	HORA SALIDA	DE	
SLX6401	19:00	19:04		4
ONE6185	19:00	19:06		6
NHT3465	19:03	19:08		5
KLT2176	19:09	19:14		5
<b>TIEMPO PROMEDIO DE VUELO EN EL SECTOR en segundos (T) = (20/4) * 60</b>				300 sg



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

**CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006**

**METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR**

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 33 de 39

- PROMEDIO DE TIEMPO EN COMUNICACIONES CONTROLADOR / PILOTO:

FECHA	HORA		CONTROLADOR		POSICION											
22/12/2009	INICIO	FINAL	HX		LLEGADAS											
	1300	1315														
MATRICULA	NUMERO DE CONTACTOS Y TIEMPO EN LA TRANSMISION / RECEPCION (sg)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Tm
SLX6401	11	8	13													10,6
ONE6185	14	11	6	10												10,25
NHT3465	13	11	7	9												10
KLT2176	13	7	5	10	15											10
<b>TIEMPO PROMEDIO DE LAS COMUNICACIONES CONTROLADOR / PILOTO</b>																10 sg

- PROMEDIO DE TIEMPO DE COMUNICACIONES ENTRE CONTROLADOR / CONTROLADOR EN LA POSICIÓN DE CONTROL:

FECHA	HORA		CONTROLADOR		POSICION											
22/12/2009	INICIO	FINAL	HX		LLEGADAS											
	1300	1315														
SECTOR	NUMERO DE CONTACTOS Y TIEMPO EN LA TRANSMISION / RECEPCION (sg)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Tc
SUR	9	16	13													12,6
NORTE	10	11	6													9
TORRE N	13	15	7	9												11
TORRE S	19	7	5	10												10,2
<b>TIEMPO PROMEDIO DE LAS COMUNICACIONES CONTROLADOR / CONTROLADOR</b>																10,7 sg

- PROMEDIO DE TIEMPO DE TAREAS OBSERVADAS DEL CONTROLADOR EN LA POSICIÓN DE CONTROL:

FECHA	HORA (INICIO-FINAL)	CONTROLADOR (SIGLAS)	POSICION DE CONTROL	TIEMPO TOTAL (sg)	TIEMPO DE TAREAS (sg)	# DE AERONAVES	(Tt) PROMEDIO DE TIEMPO DE TAREAS (sg)



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

**CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006**

**METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR**

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 34 de 39

20/12 /2009	1300/131 5	VV	LLEGAD AS	900	420	10	42
21/12 /2009	2300/231 5	YT	LLEGAD AS	900	350	8	43,7
22/12 /2009	1515/153 0	HX	LLEGAD AS	900	310	9	34,4
23/12 /2009	2105/212 0	BZ	LLEGAD AS	900	280	6	46,6
<b>TIEMPO PROMEDIO DE TAREAS OBSERVADAS DEL CONTROLADOR</b>							41,6 sg

**7.16.3. CALCULO DEL NÚMERO DE REFERENCIA DE LA CAPACIDAD DE SECTOR (N)**

El valor del número de Referencia es proporcionado a través de la ejecución del siguiente modelo matemático simplificado.

$$N = \frac{T}{T_m + T_c + T_t}$$

Ejemplo:

Se asignan los siguientes valores a la variables f, n, t<sub>m</sub>, y T en un sector de control Radar con dos posiciones, Controlador Radar y Controlador Planificador:

T=300sg  
T<sub>m</sub>=10sg  
T<sub>c</sub>=11sg  
T<sub>t</sub>=41sg

$N = T / (T_m + T_c + T_t)$   
 $N = 300\text{sg} / (10\text{sg} + 11\text{sg} + 41\text{sg})$   
 $N = 300 / 62$   
 $N = 4,8$

Según el anterior ejemplo se deduce que la capacidad máxima de control de aeronaves para un sector de control que cuente con un controlador Radar y un controlador Planificador es de cinco (5) aeronaves en un periodo de tiempo de quince (15) minutos.

**NOTA: Los valores resultantes fueron redondeados así:  
 Para valores decimales de N < 5 se redondea al entero inferior.  
 Para valores decimales de N > 5 se redondea al entero superior.**

**7.16.4. AJUSTES DEL VALOR ÓPTIMO DE CAPACIDAD DEL SECTOR**

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
<b>NID: 4002082.006.12</b>	<b>Versión: 02</b>	<b>Fecha: 28/03/2012</b>	<b>Página 35 de 39</b>

Estos ajustes podrán ser realizados en valores superiores o inferiores.

Tenga en cuenta las siguientes consideraciones que afectan el sector para el ajuste de los valores el cual será efectuado durante el proceso de validación.

- Estructuras de las rutas en el sector;
- Factores humanos;
- Factores limitantes (guía vectorial – para separación);
- Volumen del sector del espacio aéreo (vertical y horizontal);
- Complejidad de operaciones en el sector;
- Numero de sectores fusionados;
- Cantidad de tráfico en ascenso y descenso;
- Operaciones militares sin restricción y uso especial del espacio aéreo;

Se deberá analizar y tener en consideración otros factores que afectan la capacidad del sector como lo son:

- Aplicación de procedimientos locales;
- Juzgamiento profesional y;
- Ajuste óptimo de la capacidad del sector en valores superiores o inferiores de acuerdo a la necesidad.

Para el caso de este ejercicio los FACTORES DE AJUSTE fueron considerados con un valor de CERO (0).

El resultado de 5, es el valor óptimo de capacidad para 15' minutos.

#### VALOR ÓPTIMO DE CAPACIDAD DE SECTOR

+ / -	FACTORES DE AJUSTES
	-----
	CAPACIDAD DEL SECTOR

#### 7.16.5. MEJORAS PARA EL INCREMENTO DE CAPACIDAD DE SECTORES

La autoridad ATS competente deberá:

- Examinar periódicamente cada 10 meses la capacidad del ATS en relación con la demanda del tránsito;
- Prever el uso flexible del espacio aéreo para mejorar la eficiencia de las operaciones y aumentar la capacidad;
- Prever la elaboración de procedimientos para la reducción de las comunicaciones radiotelefónicas aeroterrestres en áreas congestionadas.
- Prever la elaboración y mejoramiento de procedimientos de vuelo a fin de reducir tiempos de vuelo en los sectores de control.



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

**CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006**

**METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR**

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 36 de 39

En caso de que la demanda de tránsito exceda regularmente de la capacidad del ATC, con el resultado de demoras continuas y frecuentes del tránsito, o cuando resulte evidente que el pronóstico de demanda de tránsito excederá de los valores de la capacidad, la autoridad ATS competente debería, en la medida de lo posible:

- ➔ Poner en práctica medidas destinadas a utilizar al máximo la capacidad existente del sistema;
- ➔ Preparar planes para aumentar la capacidad a fin de satisfacer la demanda actual o pronosticada.

**7.17 DECLARACIÓN E INFORME INICIAL DE CAPACIDAD SECTORES SUPERIORES ATC EN COLOMBIA**

Con el objeto de determinar un nivel inicial de capacidad inicial de los sectores ATC, los aquí descritos corresponden a los sectores de los centro de control radar de Bogotá y Barranquilla, para el efecto se utiliza la metodología para determinar esta capacidad conocida como Sector Capacity Value – SCV, de su aplicación, aquí se determinan y se declaran las capacidades de los centro de Control Radar de Bogotá y Barranquilla.

**7.17.1 CENTRO DE CONTROL BOGOTÁ**

<p><b>SECTOR NE:</b></p> <p>SCV=TPS/(TFC X 1.3)          SCV NE = Capacidad de Sector.          TPS = 28 Minutos, 1680Segundos.          TFC = 40 segundos          1.3 = Valor constante.          SCV NE=1680/(40 X 1.3)</p> <p>SVC NE =32.3</p>	<p><b>SECTOR NW:</b></p> <p>SCV=TPS/(TFC X 1.3)          SCV NW = Capacidad de Sector.          TPS = 28 Minutos, 1680 Segundos.          TFC = 40 segundos          1.3 = Valor constante.          SCV NW=1680/(40 X 1.3)</p> <p>SVC NW = 32.3.</p>
<p><b>SECTOR SE:</b></p> <p>SCV=TPS/(TFC X 1.3)          SCV SE = Capacidad de Sector.          TPS = 52 Minutos, 3120 Segundos.          TFC = 40 segundos          1.3 = Valor constante.          SCV SE=3120/(40 X 1.3)</p> <p>SVC SE = 60.</p>	<p><b>SECTOR SW:</b></p> <p>SCV=TPS/(TFC X 1.3)          SCV SW = Capacidad de Sector.          TPS = 42 Minutos, 2520Segundos.          TFC = 40 segundos          1.3 = Valor constante.          SCV SW=2520/(40 X 1.3)</p> <p>SVC SW =48.46.</p>

El Método recomendado para el cálculo de capacidad horaria sigue la siguiente formula:

$$CH=(3600 \text{ segundos} \times SCV)/TPS$$

Donde:

CH = Capacidad horaria.



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

**CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006**

**METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR**

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 37 de 39

SCV = Valor de Capacidad de Sector  
TPS = Tiempo Promedio de Permanencia en el Sector.

<p><b>SECTOR NE:</b> Asumiendo los siguientes factores: SCV = 32 aeronaves TPS = 1680 segundos <math>(3600 \text{ segundos})(32 \text{ aeronaves})/(1680 \text{ segundos})</math></p> <p>CH = 68.5 aeronaves/hora.</p> <p><b>17 AERONAVES CADA 15 MINUTOS</b></p>	<p><b>SECTOR NW:</b> Asumiendo los siguientes factores: SCV = 32 aeronaves TPS = 1680 segundos <math>(3600 \text{ segundos})(32 \text{ aeronaves})/(1680 \text{ segundos})</math></p> <p>CH = 68.5 aeronaves/hora.</p> <p><b>17 AERONAVES CADA 15 MINUTOS</b></p>
<p><b>SECTOR SE:</b> Asumiendo los factores siguientes: SCV = 60 aeronaves TPS = 3120 segundos <math>(3600 \text{ segundos})(60 \text{ aeronaves})/(3120 \text{ segundos})</math></p> <p>CH = 69 aeronaves/hora</p> <p><b>17 AERONAVES CADA 15 MINUTOS</b></p>	<p><b>SECTOR SW:</b> Asumiendo los factores siguientes: SCV = 48 aeronaves TPS = 1680 segundos <math>(3600 \text{ segundos})(48 \text{ aeronaves})/(2520 \text{ segundos})</math></p> <p>CH = 68 aeronaves/hora.</p> <p><b>17 AERONAVES CADA 15 MINUTOS</b></p>

**7.17.2. CENTRO DE CONTROL BARRANQUILLA**

<p><b>SECTOR AREA NORTE:</b></p> <p><math>SCV=TPS/(TFC \times 1.3)</math> SCV AREA NORTE = Capacidad de Sector. TPS = 33 Minutos, 1980 Segundos. TFC = 40 segundos 1.3 = Valor constante. SCV AREA NORTE=1980/(40 X 1.3)</p> <p>SVC AREA NORTE = 38.</p>	<p><b>SECTOR AREA SUR:</b></p> <p><math>SCV=TPS/(TFC \times 1.3)</math> SCV AREA SUR = Capacidad de Sector. TPS = 27 Minutos, 1620 Segundos. TFC = 40 segundos 1.3 = Valor constante. SCV AREA SUR=1620/(40 X 1.3)</p> <p>SVC AREA SUR = 31.</p>
--	--

El cálculo de capacidad horaria sigue la formula y se obtiene:

<p><b>SECTOR AREA NORTE:</b> Factores utilizados: SCV = 38 aeronaves TPS = 1980 segundos <math>(3600 \text{ segundos})(38 \text{ aeronaves})/(1980 \text{ segundos})</math></p> <p>CH = 69 aeronaves/hora.</p>	<p><b>SECTOR AREA SUR:</b> Factores utilizados: SCV = 31 aeronaves TPS = 1620 segundos <math>(3600 \text{ segundos})(31 \text{ aeronaves})/(1620 \text{ segundos})</math></p> <p>CH = 68.8 aeronaves/hora.</p>
--	--



AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

## CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006

### METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR

NID: 4002082.006.12

Versión: 02

Fecha: 28/03/2012

Página 38 de 39

17 AERONAVES CADA 15 MINUTOS

17 AERONAVES CADA 15 MINUTOS

#### 7.18 CONCLUSIÓN GENERAL

El conocimiento de la capacidad de los sectores de tránsito aéreo o de posiciones de operación ATC es necesario por dos razones principales: La primera es que para planificar a largo plazo se necesita anticiparse en forma eficiente a cualquier capacidad futura, según lo indiquen las previsiones de tránsito; La segunda razón es que si ya existe una capacidad que requiere la aplicación de control de afluencia, es necesario conocerla para poder limitar el tránsito sin sobrecargar el sistema ni perjudicar a los explotadores o implementar mejores prácticas de desempeño operacional bajo la Unidad de Flujo.

Existen innumerables métodos para el cálculo de la capacidad y de los métodos descritos, es fácil observar que la carga de trabajo del controlador de tránsito aéreo es un parámetro significativo. Por consiguiente, cuanto mayor es el conocimiento de los factores relacionados con la carga de trabajo, las acciones para mejorar su eficiencia y sus implicaciones mejor serán su adecuación y ajuste operacional de los servicios brindados para satisfacer la demanda.

Paralelamente, es de fundamental importancia que haya una perfecta comprensión de las variables atribuidas al modelo matemático, utilizadas en el cálculo del número de aeronaves que se pueden atender en los sectores ATC dentro de un determinado lapso de tiempo.

Para ello se necesita un estudio crítico, un análisis imparcial y minucioso ajustado a la realidad de cada dependencia con relación a los resultados alcanzados en el levantamiento de datos para cuantificar estas variables por parte de la Unidad de Flujo, que permitirán a los planificadores identificar, con la anticipación requerida, los puntos de limitación operacional de los servicios prestados.

Por otro lado, las observaciones de factores ocasionales, tales como, inoperancias en las comunicaciones, condiciones meteorológicas adversas, operación de aeronaves con preferencia, operación militar, aeronaves en emergencia entre muchísimas otras que pueden ocasionar demoras operacionales, pueden influir en los resultados de forma no deseada y conducir a conclusiones que no reflejen la realidad sino son debidamente ponderadas.

La periodicidad de los levantamientos de datos y la cantidad de los mismos por sector y controlador debería ser suficiente para contemplar los casos de modificaciones de la circulación aérea, sectorización, instalación/inoperancia de la infraestructura de la navegación, nuevo diseño para la optimización del espacio aéreo, etc.

Con la aplicación de mejores prácticas en el diseño del espacio aéreo, en la gestión del secuencia miento y coordinación, en la aplicación de separaciones mínimas reglamentarias entre aeronaves, así como mejores prácticas de mantenimiento CNS y sobre todo la rigurosa selección y entrenamiento de los recursos humanos puede elevar el estándar y optimizar la formulación matemática del modelo que se aplique aumentando significativamente la capacidad.

 AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>CIRCULAR TÉCNICA REGLAMENTARIA 006</b>		
	<b>METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS SECTORES ATC DE LOS CENTROS Y SALAS DE CONTROL RADAR</b>		
NID: 4002082.006.12	Versión: 02	Fecha: 28/03/2012	Página 39 de 39

La optimización de la morfología existente de pistas y calles de rodaje, la mezcla de aeronaves, los tiempos promedios de ocupación de pista, la longitud determinada del segmento de aproximación final para la distancia de seguridad, la capacidad y equipamiento de la flota así como el entrenamiento de las tripulaciones constituyen también factores contribuyentes a la optimización de la capacidad que deben ser considerados a la hora de la declaración de la capacidad sea esta de un sector ATC o la capacidad Aeroportuaria.

La Aerocivil adopta estas metodologías para la determinación de la capacidad de sectores de APP y ACC del espacio aéreo de la República de Colombia a fin de facilitar la obtención de un valor de referencia de capacidad de sectores el cual consiste en la obtención de un valor, calculado a través de fórmula o modelo matemático, cuyos datos básicos son extraídos a través de investigación realizada por un grupo de expertos ATFCM de las dependencias 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 un instante de tiempo.

**NOTA: Cuando se trate de un sector donde ya se venga aplicando, con éxito, una capacidad estimada, no es necesaria el desarrollo de este procedimiento.**

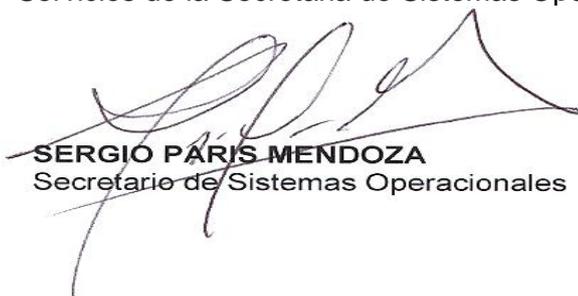
#### 8. VIGENCIA:

La presente Circular Reglamentaria rige a partir del 30 de marzo 2012 y complementa todas las medidas de carácter particular y técnico que adopte la Entidad en la materia, en especial aquellas de gestión de flujo de tránsito aéreo. Así mismo, deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.

La Dirección de Servicios a la Navegación Aérea deberá actualizar los procesos y procedimientos del sistema de calidad pertinentes y el Servicio de Información Aeronáutica - AIS debe publicar lo oportuno de esta circular de conformidad con sus responsabilidades.

#### 9. CONTACTO PARA MAYOR INFORMACIÓN

Para cualquier consulta técnica adicional con respecto a esta Circular de metodología de medición y cálculo para la determinación de capacidad de los sectores ATC de los centros y salas de control radar, favor dirigirse a la Unidad de Flujo CFMU-Colombia de la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea al teléfono 266 3835, correo electrónico [fmp.bogota@aerocivil.gov.co](mailto:fmp.bogota@aerocivil.gov.co) y [fmp@aerocivil.gov.co](mailto:fmp@aerocivil.gov.co) y [cfmu.dsna@aerocivil.gov.co](mailto:cfmu.dsna@aerocivil.gov.co) o a la Dirección de Servicios a la Navegación Aérea directamente. En caso de sugerencias, puede dirigirse al Grupo de Coordinación de Servicios de la Secretaria de Sistemas Operacionales.



**SERGIO PARÍS MENDOZA**  
Secretario de Sistemas Operacionales