

	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.1

EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ

CAPITULO 3

**CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 19000447 H3 DE 2019
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL - AEROCIVIL**



3

CONSORCIO DSNASVCES-PMO-001-2019

BOGOTÁ, D.C, 29 DE MAYO DE 2020

VERSIÓN	FECHA	RAZÓN DE LA ACTUALIZACIÓN
V1.0	30/04/20	Primera versión radicada como parte del Entregable No. 6
V1.1	29/05/20	Versión actualizada tras los comentarios de AEROCIVIL
V1.2	29/05/20	Sin Modificaciones

GRUPO QUE PARTICIPÓ EN LA ELABORACIÓN DE ESTE DOCUMENTO

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Nombre: Bernard Erreca / Equipo FRACS Responsable: Jefe de proyecto / Expertos Fecha: 29/05/20	Nombre: Gladys Mercan Responsable: Coordinadora de proyecto Fecha: 29/05/20	Nombre: Farid Zizi Responsable: Director de proyecto Fecha: 29/05/20

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.2

FECHA	PAGINA	LISTA DE CONTROL DE CAMBIOS
V1.1		
28/05/2020	P 3.1	Actualizaciones: Versión, fecha, seguido de modificaciones
28/05/2020	P 3.2	Introducción de una Lista de cambios
28/05/2020	P 3.18 § 3.3.3	Supresión de referencias a Tocancipá
28/05/2020	P 3.19 § 3.4.1	Supresión de referencias a Tocancipá
28/05/2020	P 3.20 § 3.4.2	Introducción de una aclaración
28/05/2020	P 3.27 § 3.6.1	Supresión de referencias a Tocancipá
28/05/2020	P 3.35 § 5.2	Introducción de una referencia al Anexo 6 - COMPENDIO SOBRE EL USO DE FTS EN EL PROYECTO
28/05/2020	P 3.38 § 6.1.1	Corrección sobre el PMS NW
28/05/2020	P 3.52 § 6.2.3	Correcciones de traducción
V1.2		
29/05/2020		Sin modificaciones

Nota: En la columna "PAGINA", P significa "página" y § significa "párrafo". Los cambios en el documento están resaltados en gris.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.3

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 3 - REQUISITOS Y RECOMENDACIONES	7
1 PROCEDIMIENTOS DE VUELO	8
1.1 DESVIACIONES DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO/NECESIDAD DE VIENTOS ESTADÍSTICOS LOCALES	8
1.2 ESPECIFICACIONES DE NAVEGACIÓN	8
1.3 MVA ALTITUDES MÍNIMAS DE VECTORIZACIÓN	9
2 DISEÑOS DE ESPACIOS AÉREOS	9
2.1 DISEÑO DEL ESPACIO AÉREO	9
2.2 SECTORIZACIÓN	10
3 COMUNICACIÓN, NAVEGACIÓN Y VIGILANCIA (CNS)	11
3.1 INTRODUCCIÓN	11
3.2 LAS NORMAS DE SEPARACIÓN DEBERÁN SER A 3 NM EN TODO EL TMA DE BOGOTÁ	12
3.2.1 PROCESAMIENTO DE VIGILANCIA DEL TMA	12
3.2.2 VIGILANCIA ASOCIADA A OPERACIONES DE PISTA PARALELAS	14
3.3 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y ADVERTENCIA PARA GARANTIZAR LA MITIGACIÓN DE POSIBLES CONFLICTOS CON EL TERRENO O CON EL TRÁFICO	14
3.3.1 STCA (ALERTA DE CONFLICTO A CORTO PLAZO)	17
3.3.2 MSAW (ADVERTENCIA DE ALTITUD MÍNIMA SEGURA)	17
3.3.3 APW (ADVERTENCIA DE PROXIMIDAD DE ÁREA)	18
3.3.4 APM (SUPERVISIÓN DE LA RUTA DE APROXIMACIÓN)	19
3.4 NAVAIDS CONVENCIONALES Y AVANZADOS PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN DE LA NAVEGACIÓN EN EL TMA	19
3.4.1 CAPACIDADES RNP-AR	19
3.4.2 AYUDAS A LA NAVEGACIÓN CONVENCIONAL	20
3.4.3 SISTEMAS DE AUMENTO BASADOS EN SATÉLITES	22
3.4.4 GBAS	22
3.5 SISTEMAS IMPLEMENTADOS PARA GARANTIZAR EL PLENO USO DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE	23
3.5.1 HERRAMIENTAS DE SECUENCIACIÓN	23
3.5.1.1 ADMINISTRACIÓN DE LLEGADAS (AMAN)	24
3.5.1.2 ADMINISTRACIÓN DE SALIDAS (DMAN)	25
3.5.2 AIRPORT COLLABORATIVE DECISION MAKING O A-CDM (TOMA DE DECISIONES COLABORATIVAS EN EL AEROPUERTO)	25
3.5.3 A-SMGCS (ADVANCED SURFACE MANAGEMENT GUIDANCE AND CONTROL SYSTEM)	26
3.5.4 MONITORIZACIÓN DEL RENDIMIENTO: SEGURIDAD, MEDIO AMBIENTE, EFICIENCIA	26
3.6 GESTIÓN FÁCIL Y EFICIENTE DE LAS COMUNICACIONES	27
3.6.1 COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA	27
3.6.2 COMUNICACIONES AIRE-TIERRA	27

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.4

3.7	CONCLUSIÓN.....	28
4	RECURSOS HUMANOS Y ORGANIZACIÓN.....	28
4.1	HORARIOS INDIVIDUALIZADOS	30
4.1.1	VENTAJAS.....	30
4.1.2	DEBILIDADES.....	30
4.2	HORARIOS DEL EQUIPO	30
4.2.1	VENTAJAS.....	30
4.2.2	DESVENTAJAS.....	31
5	MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN	31
5.1	CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES	31
5.1.1	HERRAMIENTAS UTILIZADAS	31
5.1.2	METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ESTUDIO DEL RUIDO	31
5.1.3	LIMITACIONES IDENTIFICADAS Y ÁREAS DE MEJORA	33
5.2	SIMULACIÓN ACELERADA	34
5.3	SIMULACION EN TIEMPO REAL	35
5.3.1	INTRODUCCIÓN.....	35
5.3.2	VALIDACIÓN RTS.....	36
5.3.3	ENTRENAMIENTO RTS.....	36
5.4	SIMULACION PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES	37
6	GESTIÓN DEL ESPACIO AÉREO (ASM) / GESTIÓN DEL TRÁFICO AÉREO Y FLUJO (ATFM)	38
6.1	GESTIÓN DEL ESPACIO AEREO(ASM)	38
6.1.1	ACTIVIDAD MILITAR Y FUA (USO FLEXIBLE DEL ESPACIO AÉREO): GENERALIDADES	38
6.1.2	NUEVA FORMA PARA SKR 10.....	39
6.1.3	USO FLEXIBLE DEL ESPACIO AÉREO (FUA).....	43
6.1.3.1	BLOQUES DE ESPACIO AÉREO.....	43
6.1.3.2	FUA 47	
6.2	GESTIÓN DE FLUJO DE TRAFICO AÉREO (ATFM).....	50
6.2.1	CAPACIDAD.....	50
6.2.2	DEMANDA.....	50
6.2.3	MEDIDAS DEL ATFM.....	51
7	SEGURIDAD OPERACIONAL.....	52
8	REGULACIÓN	53
8.1	ADAPTACIONES DEL MARCO REGULATORIO COLOMBIANO PARA ASEGURAR NUEVO CONCEPTO DE ESPACIO AÉREO.....	53
8.1.1	RNP AR 0.15.....	53
8.1.2	ADS-B	54
8.2	CONTRIBUCIÓN A LOS DESARROLLOS REGULATORIOS DE LA OACI	54
8.3	MANUALES.....	54

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.5

8.4	CARTAS DE ACUERDO	55
8.5	PROCEDIMIENTOS DE OPERACIONES ESTÁNDAR	55
8.6	AIP	55

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.6

LISTADO DE TABLAS

Tabla1: Ejemplo de horario presentando en D día-1 las necesidades para el Día D..... 49

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Diagrama funcional genérico de un sistema de vigilancia.....	13
Ilustración 2: Extracto del Documento 4444 de la OACI, cuadro 6-1	14
Ilustración 3: Extracto de la revista Net Alert producida por EUROCONTROL sobre las redes de seguridad	16
Ilustración 4: Principios MSAW (Advertencia de Altitud Mínima Segura)	18
Ilustración 5: Principios APW (Advertencia de Proximidad de Área).....	18
Ilustración 6: RNP AR 0.3 to ILS	20
Ilustración 7: Extracto del Anexo 10 de la OACI sobre la cobertura ILS	21
Ilustración 8: Principios GBAS.....	23
Ilustración 9: Sistemas de secuenciación AMAN y DMAN	24
Ilustración 10: Objetivos A-CDM, extracto del Manual A-CDM de EUROCONTROL	25
Ilustración 11: Aeronave INM utilizados en el estudio de ruido.....	33
Ilustración 12: Huella de SC 10 +: STARs y PMS que entran en el SKR 10 actual.....	39
Ilustración 13: Propuesta de corte permanente en la parte sur de SKR 10.....	40
Ilustración 14: Ejemplo 1 de extensión al oeste de la actual SKR 10.....	41
Ilustración 15: Ejemplo 2 de extensión al oeste de la actual SKR 10.....	42
Ilustración 16: Parte oriental del SKR 10 totalmente dedicada a las operaciones militares	43
Ilustración 17: Parte oriental de SKR 10 totalmente dedicada a operaciones militares	44
Ilustración 18: Bloque triangular en la parte oriental del SKR 10 dedicado a operaciones civiles.....	45
Ilustración 19: Bloque triangular en la parte oriental de SKR 10 dedicado a operaciones civiles.....	45
Ilustración 20: Bloque en la parte oriental de SKR 10 por encima de FL 215 dedicado a operaciones civiles a través de STAR GRUDE	46
Ilustración 21: Bloque en la parte oriental de SKR 10 por encima de FL 215 dedicado a las operaciones civiles a través de STAR GRUDE	47
Ilustración 22: Ejemplo de bloques y extensiones para la aplicación FUA.....	49

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.7

CAPÍTULO 3 - REQUISITOS Y RECOMENDACIONES

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.8

1 PROCEDIMIENTOS DE VUELO

El TMA de Bogotá tiene varias limitaciones, en particular, una zona montañosa desafiante y la falta de espacio aéreo disponible. La adición de un nuevo aeródromo, además de estar muy cerca del existente, hace que las restricciones sean aún más complejas.

Para la coexistencia de ambos aeródromos, y para aumentar la seguridad y la capacidad, es necesario utilizar la última tecnología disponible y las especificaciones de navegación para preparar el futuro. En este proyecto, el tiempo es un activo: la implementación no se realizará antes de al menos cinco o diez años. Todo el mundo tendrá suficiente tiempo para prepararse para el cambio si la preparación comienza ahora.

Los criterios PANS-OPS son generales y a menudo se hacen para situaciones fáciles. Los vientos son muy limitantes para cubrir los peores casos en todo el mundo. En Bogotá, como ya es el caso de los procedimientos publicados, se aplicaron desviaciones a los criterios PANS-OPS. Desviaciones no significan no cumplimiento. Si estas desviaciones son evaluadas en un estudio de seguridad y validadas por el regulador, el diseño cumple con los SARP de la OACI.

1.1 DESVIACIONES DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO/NECESIDAD DE VIENTOS ESTADÍSTICOS LOCALES

Debido al entorno desafiante de Bogotá, desviaciones de los criterios de diseño de procedimientos pueden ser previstas, como es el caso en los aeródromos más desafiantes de todo el mundo.

Cuando se utilizan estas desviaciones, las mitigaciones deben proporcionar un nivel aceptable de seguridad. La evaluación de vuelos (simulador y/o aeronave según sea necesario) debe realizarse para verificar la aceptabilidad de los estudios de seguridad realizados previamente.

Las desviaciones más comunes están relacionadas con los vientos aplicados. Estos vientos se utilizan en varias fórmulas de cálculo. A menudo, el impacto es importante, en particular para RNP AR, en el cálculo de la distancia de radio mínima para los tramos de RF y los límites de las inclinaciones 'limited bank angles), cuando, debido a las restricciones del terreno o del espacio aéreo, estos radios se reducirán tanto como sea posible.

Los vientos de la OACI son muy conservadores para cubrir los peores casos en todo el mundo. Sin embargo, para las altitudes en las proximidades de la elevación del aeródromo (por ejemplo, entre 1000 pies y 5000 pies), se podrían utilizar datos estadísticos locales en lugar de los vientos de la OACI. Por lo general, estos datos no están disponibles. Sin embargo, en el caso de este proyecto, ya que la ejecución probablemente tomará entre cinco o diez años, es muy recomendable realizar un estudio climático, durante cinco años, para recopilar los datos requeridos. Estos datos serán muy beneficiosos para la optimización del diseño final antes de la implementación.

Nota.- Con la implementación de varios procedimientos RNP AR en aeropuertos desafiantes de todo el mundo, con desviaciones en los criterios de diseño de procedimientos, la regulación de la OACI está avanzando. Uno de los cambios esperados más importantes está relacionado con la inclinación aplicada (bank angle, 25° en lugar de 18° estándar (20° máx.), para todas las fases de vuelo por debajo de FL190, y todos los valores RNP).

1.2 ESPECIFICACIONES DE NAVEGACIÓN

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.9

Debido a los problemas descritos anteriormente, se recomiendan las siguientes especificaciones y requisitos de navegación:

- EDR I :

- Uso exclusivo de los procedimientos RNP AR tanto para aproximaciones como para salidas. Los STAR están en RNP 1;
- Capacidad de tramos RF; Y
- Aviones con actuaciones similares, CAT C y D (tal vez algunos aviones CAT B si son capaces de cumplir con las prestaciones requeridas).

- EDR II:

- Uso de RNP 1 STARs y SID (RNP AR SED para RWY 04L); y RNP 1 a ILS, RNP APCH, RNP AR APCH para usuarios compatibles con PBN; y la vectorización de radar a las aproximaciones convencionales publicadas para usuarios no compatibles con PBN;
- Capacidad de tramos RF; Y
- Para todas las categorías de aeronaves.

Los tramos RF (solo RNP), debido a pistas repetibles y mejor contención que los tramos DF, facilitarán la toma de decisiones al ATC con la ayuda de sistemas ATM modernos. Además, cuando la vectorización de radar es necesaria para los usuarios que no son PBN, las aeronaves PBN contenidas en sus vías permitirán mayores márgenes y flexibilidad para dar vectores al tráfico. Además, el uso de RNP 1 en lugar de RNAV 1 permite una mejor distancia de separación lateral (5NM vs 7NM) para rutas paralelas dentro de 15NM ARP.

1.3 MVA ALTITUDES MÍNIMAS DE VECTORIZACIÓN

El MVA necesita ser rediseñado de una manera más segura y útil en todo el TMA (no sólo 30NM BOG VOR DME). Se debe considerar la corrección de la temperatura fría para el cálculo de altitud.

2 DISEÑOS DE ESPACIOS AÉREOS

2.1 DISEÑO DEL ESPACIO AÉREO

El Plan Mundial de Navegación Aérea (GANP) de la OACI explora la necesidad de una planificación de la aviación más integrada tanto a nivel regional como estatal y aborda las soluciones necesarias mediante la introducción de la estrategia de modernización de ingeniería de sistemas de actualizaciones de bloques de sistemas de aviación (ASBU) impulsado por el consenso.

La construcción básica de los bloques (BBB) describe los cimientos de cualquier sistema de navegación aérea robusto.

En referencia a los bloques ASBU, PBN (elementos APTA, FRTO y RESQ) se considera una prioridad de la OACI para el diseño del espacio aéreo y los procedimientos de vuelo para los próximos años y cada nuevo proyecto de desarrollo aeroportuario.

De acuerdo con las recomendaciones de la OACI y del Plan Colombiano de Navegación Aérea, el diseño del espacio aéreo para el TMA BOGOTA y el diseño de procedimientos de vuelo relacionados para los aeropuertos EDR I y EDR II, se basan en el Documento 9992 de la OACI Doc. 9992 "Manual sobre el uso de PBN en el diseño

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.10

del espacio aéreo", Doc. 9613 "Manual DE PBN", Doc. 9905 "Manual de diseño de procedimientos RNP-AR", Doc. 9643 "Manual sobre operaciones simultáneas en pistas de instrumentos paralelas o de paralelo cercano (SOIR" , Doc. 9931 "Manual CDO" y 9993 "CCO Manual".

Todos los requisitos y especificaciones de navegación desarrollados en el escenario 10+ se basan en la documentación actual de la OACI, pero, para el proceso de implementación, algunos diseños dedicados tendrán que estar respaldados por una evaluación de la seguridad operacional para las aprobaciones antes de la implementación operativa.

Antes de la implementación operativa, deberá realizarse una evaluación técnica de la seguridad en relación con toda la infraestructura del CNS desarrollada para apoyar la implementación de los procedimientos diseñados.

2.2 SECTORIZACIÓN

El enfoque utilizado en el estudio actual para crear una nueva sectorización para el escenario 10+ se basó en el equilibrio de los flujos que entran y salen de los sectores futuros. Las formas y rutas de los sectores han sido cuidadosamente consideradas con el fin de obtener dicho equilibrio. Permite por un lado un equilibrio de carga de trabajo evitando demasiados flujos en el mismo sector y, por otro lado, una simplificación de la tarea del responsable del tratamiento del sector. La interacción entre el tráfico de salida y el tráfico de llegada se ha evitado tan a menudo como sea posible.

Este enfoque también tiende a favorecer las condiciones para el establecimiento de Operaciones de Ascenso Continuo (CCO) y Operaciones de Descenso Continuo (CDO). CDO se optimiza además mediante la configuración de un sistema de combinación de puntos para secuencias de llegada.

También se ha empleado el principio de utilización dinámica de la sectorización para proponer una gestión permanente y eficiente del tráfico de acuerdo con el RWY que se utiliza en el EDR II. Este principio opera sectores cuya forma es diferente según el QFU. Esta característica requiere una atención específica por parte del controlador que podría considerarse más compleja que los sectores permanentes. Mientras tanto, aporta la adaptabilidad que va hacia una mejor fluidez.

Sin embargo, la futura implementación de un nuevo sistema por parte de AEROCIVIL necesitará actividades adicionales y más trabajos para completar el estudio actual.

La participación de pilotos locales y ATCO del TMA BOGOTA, las TMA adyacentes y el ACC, es necesaria para tener en cuenta las necesidades y limitaciones de cada parte interesada. Por lo que se refiere a la sectorización y las rutas, no podrá aplicarse ningún cambio sin una cooperación y coordinación plenas con los sectores adyacentes, desde otras TMAs o ACC. Comúnmente se organizarán lluvias de ideas y talleres para validar un método de trabajo común al desarrollar el nuevo esquema. Esto significa elegir colegialmente los puntos de entrada o salida adecuados, moverlos si es necesario, adaptar el límite de los sectores a su lugar adecuado, que es el lugar más conveniente para ambos lados, y definir niveles de vuelo de intercambio convenientes.

Las simulaciones en tiempo real vendrán además de este trabajo de diseño. En algún momento ayudarán a tomar una decisión y, en otro momento, validarán las decisiones. También podrían aportar nuevas soluciones. Son particularmente esenciales en la tarea de redefinir un sistema complejo como el previsto para el futuro TMA de Bogotá. Las simulaciones en tiempo real no han sido parte del estudio actual, pero su futura elaboración permitirá evaluar la relevancia de las decisiones tomadas en el estudio actual.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.11

Paralelamente, para una futura aplicación, todos los cambios abordados en este producto se validarán mediante un proceso de gestión del cambio, incluida una evaluación completa de la seguridad que necesita la implicación de un equipo local, compuesto por, pero no limitado a, controladores de tráfico aéreo activos locales, ingenieros técnicos aeronáuticos y pilotos.

3 COMUNICACIÓN, NAVEGACIÓN Y VIGILANCIA (CNS)

3.1 INTRODUCCIÓN

En términos de Comunicación, Navegación y Vigilancia, el análisis de varios escenarios durante el proyecto condujo a las mismas conclusiones. Lo esencial es hacer un mejor y seguro uso de la capacidad del espacio aéreo, así como de la capacidad de la pista. Esto se logrará mediante una reducción segura de los mínimos de separación en el TMA, así como la implementación de redes de seguridad adecuadas para protegerse de CFIT y garantizar la precisión de la ruta de aproximación.

Se obtendrá una mayor eficiencia mediante el uso eficaz de herramientas de secuenciación como el AMAN (Arrival Manager), o Administrador de Llegadas, y el DMAN (Departure Manager), o Administrador de Salidas. Por último, las operaciones aeroportuarias pueden optimizarse mediante la implementación de Procesos de Toma de Decisiones de Colaboración en el Aeropuerto (Airport Collaborative Decision Making o A-CDM) y herramientas asociadas.

Para EDR I, las aproximaciones independientes simultáneas en las dos pistas paralelas 13/31 estarán condicionados por la definición de una NTZ (No-Transgression Zone) con el nivel adecuado de rendimiento en la vigilancia. Este también será el caso de EDR II, cuando alcance un paso de evolución con aproximaciones independientes simultáneas en ambas pistas 04/22.

No directamente en relación con los sistemas terrestres, la precisión de la navegación PBN de la flota en el TMA de Bogotá permitirá o dificultará la reducción de los mínimos de separación, así como el uso de procedimientos RNP-AR que están altamente condicionando el desempeño del espacio aéreo general y el esquema de trayectoria. El SBAS en la zona ecuatorial y tropical está actualmente en desarrollo en África, y GBAS también se estudia en la región tropical SAM. Los algoritmos para mitigar los problemas ionosféricos están madurando. El GBAS parece un activo esencial para el concepto de operaciones del TMA de Bogotá a pesar de las preguntas identificadas relacionadas con la ionosfera. Tecnologías como GBAS DFMC (Dual Frequency Multi-Constellation) también están madurando. SBAS puede contribuir en gran medida a mejorar la precisión de las trayectorias si se desarrolla algún programa similar en América del Sur, especialmente en Colombia, donde el terreno montañoso requiere alta precisión en la navegación en casi todas partes del país.

El ILS tendrá que ser implementado, especialmente en condiciones de baja visibilidad, como parece ser el caso en las proximidades de El Dorado II. Deberán realizarse estudios minuciosos en el futuro a fin de garantizar que las señales no se verán perturbadas por ningún obstáculo, natural o artificial. El nivel de categoría del ILS se definirá de acuerdo con los informes/evaluaciones meteorológicas en las áreas afectadas.

Por último, cuanto más denso sea el tráfico, más silenciosa será la gestión de los vuelos, dejando que los vuelos sigan sus respectivas trayectorias. El CPDLC será esencial en este propósito. Sin embargo, en caso de situación incidental, se requiere una comunicación rápida y eficiente para coordinar la acción entre los diferentes usuarios. EDR II y EDR I funcionarán de forma independiente, en la medida de lo posible. En el escenario presentado, las trayectorias finales de aproximación no son conflictivas, pero la situación incidental puede requerir una

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.12

coordinación urgente y eficiente. Se requerirá una buena comunicación directa y eficiente entre ambas torres y se desarrollarán herramientas adecuadas.

Del mismo modo, Guaymaral no se ve afectado por el concepto de espacio aéreo propuesto, excepto algunas rutas VFR. Sin embargo, puede ser necesario un sistema de comunicación terrestre eficiente.

3.2 LAS NORMAS DE SEPARACIÓN DEBERÁN SER A 3 NM EN TODO EL TMA DE BOGOTÁ

3.2.1 PROCESAMIENTO DE VIGILANCIA DEL TMA

Independientemente de la tecnología en uso, los estándares de separación dependen en gran medida hoy de la evaluación del rendimiento de los sistemas de vigilancia ATM. Este rendimiento debe medirse de manera rigurosa y los requisitos de rendimiento y especificaciones deben ser establecidos por el Air Navigation Service Provider (ANSP) y aprobados por la Autoridad Nacional de Supervisión (NSA).

La situación de la vigilancia por radar en el TMA de Bogotá no permite prever reducir de manera homogénea la separación de mínimos a 3 NM. La cobertura es correcta, parece ser confiable, pero hay potencialmente agujeros en la cobertura a bajo nivel y se podría lograr un rendimiento de vigilancia redundante haciendo un uso extensivo de las capacidades ADS-B.

Por lo tanto, los planes de AEROCIVIL de implementar ADS-B en Bogotá TMA son esenciales para reducir la separación de mínimos a 3 NM en el TMA. La multilateración de área amplia (WAM) también podría contribuir a alcanzar el nivel adecuado de rendimiento, así como garantizar un nivel homogéneo en toda el TMA.

Algunos documentos de referencia se adjuntan al análisis actual para garantizar una comprensión completa del rendimiento requerido. Se derivan principalmente de la experiencia operativa y técnica europea.

Sin embargo, el rendimiento real del sistema de vigilancia cuando se trata de la tecnología ADS-B también depende de la medición de muestras de tráfico real, registradas en situaciones de alto tráfico. Los registros deben ser representativos de las configuraciones operativas y analizarse rigurosamente.

Este también debería ser el caso de todo el sistema de procesamiento y visualización del radar que debe tener el nivel adecuado de rendimiento: tasa de actualización de la pantalla, varios parámetros, etc. También debe evaluarse la tasa y la probabilidad de detección a lo largo de partes de trayectorias, así como el nivel de detección falsa.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.13

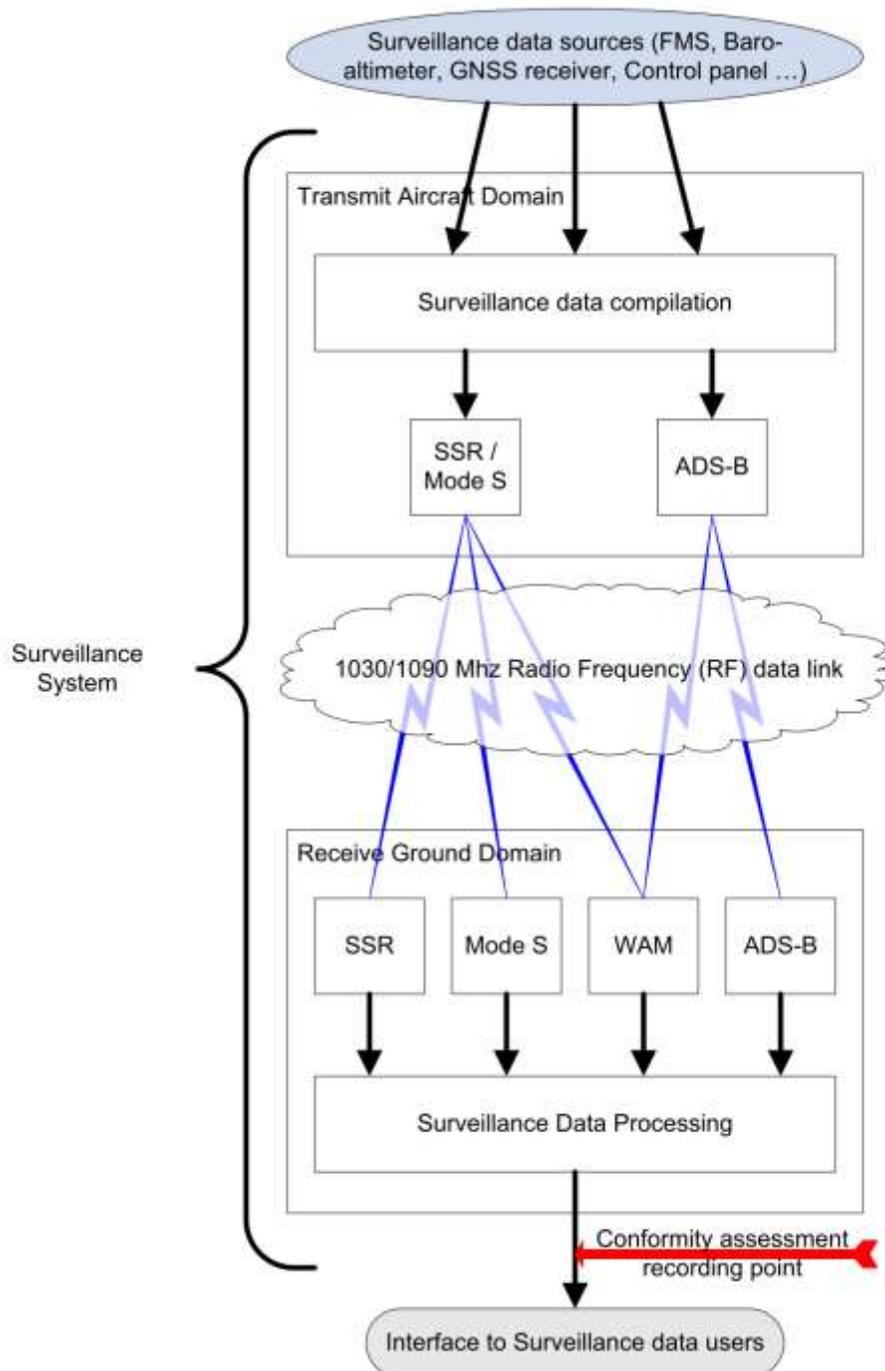


Ilustración 1: Diagrama funcional genérico de un sistema de vigilancia (Especificación EUROCONTROL para el rendimiento del sistema de vigilancia ATM (volumen 1))

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.14

Garantizar la separación de 3 NM en el TMA será esencial para beneficiarse de la mayor capacidad disponible en el espacio aéreo para que coincida con la capacidad de la pista. Esto normalmente debería resultar del plan de implementación real ADS-B. Ciertamente es necesario comprobar que todas las especificaciones y requisitos relativos a toda la cadena de procesamiento de datos de vigilancia proporcionarán el rendimiento requerido y esperado.

El rendimiento de la cadena de procesamiento de datos de vigilancia también está condicionando el rendimiento de los sistemas de seguridad y advertencia que permitirán o ayudarán a mantener el nivel adecuado de seguridad en un entorno desafiante, cargado de tráfico y montañoso.

3.2.2 VIGILANCIA ASOCIADA A OPERACIONES DE PISTA PARALELAS

El potencial de capacidad de EDR I a corto plazo, está fuertemente condicionado por la dependencia del funcionamiento de diferentes pistas y por la capacidad de realizar aproximaciones independientes simultáneas. La distancia entre las pistas 13R y 13L (1398m) es demasiado pequeña para permitir la implementación de aproximaciones independientes simultáneas sin ningún medio técnico adicional.

La utilidad operativa y la ganancia de capacidad que resultarían de las aproximaciones simultáneas del EDR I sólo es posible si se establece una vigilancia suficientemente eficiente: velocidad de rotación suficiente del radar o cobertura multilateración suficientemente precisa o ADS-B (cf. DOC 4444 de la OACI, cuadro 6-1). Algunas evaluaciones son necesarias:

Menor que 1 525 m (5 000 ft) , pero no menor que 1 310 m (4 300 ft)	a) un sistema de vigilancia ATS con especificaciones de actuación diferentes a las anteriores, pero que sean iguales o mejores que: <ol style="list-style-type: none"> 1) para SSR, una precisión mínima en azimut de 0,3° (un sigma); o 2) para MLAT o ADS-B, pueda demostrarse una capacidad de performance equivalente al requisito de SSR o mejor; b) un periodo de actualización de 5 segundos o menos; y c) cuando se determine que la seguridad operacional de la aeronave no se vería afectada negativamente.
---	--

Ilustración 2: Extracto del Documento 4444 de la OACI, cuadro 6-1

Es necesaria alguna evaluación, pero las presentaciones actuales del radar (frecuencia de escaneo de 4 segundos y azimut de 0,022 grados) parecen suficientes para permitir aproximaciones simultáneas con la creación de una zona de no transgresión (NTZ).

3.3 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y ADVERTENCIA PARA GARANTIZAR LA MITIGACIÓN DE POSIBLES CONFLICTOS CON EL TERRENO O CON EL TRÁFICO

Tan pronto como se establezcan las condiciones para la reducción de las normas de separación y el tráfico denso, se implementará un sistema de gestión de la seguridad adecuado y reforzado para detectar y anticipar posibles peligros. Por lo tanto, las redes de seguridad son esenciales en este propósito: Alerta de Conflicto a Corto Plazo (STCA), Advertencia de Altitud Mínima Segura (MSAW), Advertencia de Proximidad de Zona (APW) y Monitoreo de Trayectoria de Aproximación (APM) están justificadas en el entorno del TMA de Bogotá debido al entorno

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.15

montañoso desafiante, la proximidad de la zona SKR10 y la proximidad de los respectivos aeropuertos, El Dorado I y El Dorado II especialmente. El monitoreo de la zona de no transgresión también será necesario en caso de operaciones en pista paralela.

Todas estas capacidades siguen siendo altamente dependientes de un sistema de vigilancia preciso que ofrece un nivel suficiente de precisión 4D. La posición actual de la aeronave es, de hecho, los datos fundamentales utilizados para detectar un conflicto. Las redes de seguridad son muy sensibles a la calidad de los datos de vigilancia. Dependiendo de los sistemas de seguimiento, el sistema de red de seguridad puede producir alertas molestas. La calidad y el rendimiento de la infraestructura de vigilancia cerca de los aeropuertos son esenciales. Para reducir los estándares de separación, es importante una buena infraestructura de vigilancia en toda el TMA de Bogotá.

La cuestión de un valor de altura preciso también es esencial para la advertencia de proximidad del volumen. La calidad de los datos QNH es primordial ya que MSAW, APW, APM están tratando con los valores de altitud. Los valores QNH erróneos pueden producir demasiadas alertas molestas, advertencias insuficientes o ambas.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.16

'Level 3' documentation - still ensuring the effectiveness of safety nets continued



Ilustración 3: Extracto de la revista Net Alert producida por EUROCONTROL sobre las redes de seguridad

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.17

Sin embargo, estas redes de seguridad son inútiles si se utilizan incorrectamente y si el análisis sistemático de alertas y la presentación de informes no están totalmente integrados en el proceso de gestión de la seguridad del proveedor de servicios de navegación aérea. Las redes de seguridad no deben utilizarse como herramientas para garantizar la seguridad; son la última barrera para prevenir un evento catastrófico. Cada caso debe ser investigado, y la raíz potencial del incidente eliminado.

Uno de los aspectos desafiantes de la implementación de redes de seguridad es la puesta a punto de ajustar los parámetros con el fin de garantizar un nivel adecuado de advertencia, pero también evitar demasiadas alertas molestas que con el tiempo alterarían la vigilancia a los controladores de tráfico aéreo debido a la falta de credibilidad.

3.3.1 STCA (ALERTA DE CONFLICTO A CORTO PLAZO)

Short Term Conflict Alert (STCA) es una red de seguridad en tierra destinada a ayudar al controlador a prevenir la colisión entre aeronaves mediante la generación, de manera oportuna, de una posible o real infracción de la separación mínima. Generalmente, es más difícil optimizar la Alerta de Conflicto a Corto Plazo (STCA) para las áreas de control de terminales (TMAs) que para el espacio aéreo en ruta. Esto se debe a que la naturaleza de las operaciones dentro del TMA hace que sea difícil ajustar los parámetros de búsqueda anticipada utilizados por STCA para predecir posibles conflictos. (Fuente: sitio web de Skybrary).

A pesar del desafío de ajustar adecuadamente los parámetros de búsqueda anticipada, STCA es esencial para el enfoque de seguridad. Sin embargo, si el sistema de advertencia se utiliza sólo para proporcionar alerta a los controladores sin integración en el proceso de gestión de la seguridad, la causa raíz permanecerá y no se logrará ningún progreso en la seguridad.

La variedad de rendimiento de la flota que asiste al TMA justifica también la implementación y procesamiento de STCA debido a la variedad de casos de conflicto que se pueden encontrar.

3.3.2 MSAW (ADVERTENCIA DE ALTITUD MÍNIMA SEGURA)

En el entorno específico de Bogotá, la implementación de un sistema de Advertencia de Altitud Mínima Segura está completamente justificada. Debido al terreno, la puesta a punto de este sistema podría ser difícil, pero teniendo en cuenta el riesgo de CFIT (Vuelo Controlado en Terreno) que es alto, la implementación de dicho proceso parece necesaria.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.18

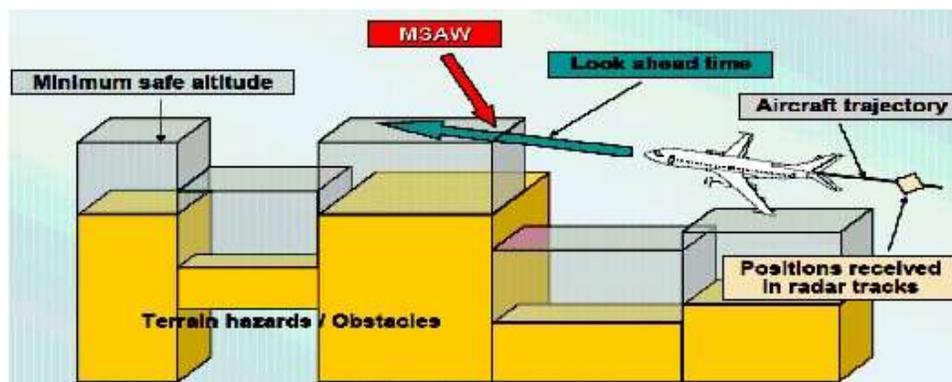


Ilustración 4: Principios MSAW (Advertencia de Altitud Mínima Segura)

Asociado con un potente sistema de vigilancia, MSAW debe ayudar a proporcionar la protección adaptada a CFIT. La implementación debe ser progresiva y la modelización de obstáculos naturales y artificiales lo más preciso posible para evitar demasiadas falsas alarmas.

3.3.3 APW (ADVERTENCIA DE PROXIMIDAD DE ÁREA)

En el caso del TMA de Bogotá, el ATC debe examinar varios volúmenes de tráfico evolucionando al mismo tiempo. Estos volúmenes se componen de zonas restringidas declaradas como SKR10, SKR40, SKR45, SKR9, SKP30, SKP31, SKP35, SKD36 que deben gestionarse de forma tradicional.

Sin embargo, con la convivencia en el misma TMA de varios aeropuertos significativos: El Dorado I, El Dorado II y Guaymaral, y su respectivo CTR o ATZ, sería útil y eficaz para la seguridad de utilizar funciones APW para evitar la penetración en los diversos volúmenes unidos a los diferentes aeropuertos.

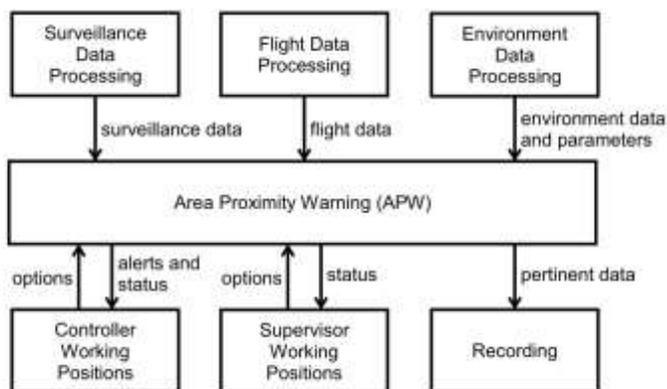


Ilustración 5: Principios APW (Advertencia de Proximidad de Área)

Al igual que para MSAW, la afinación de las funciones APW es un desafío. Sin embargo, un uso óptimo de las capacidades de APW contribuiría en gran medida a la garantía de seguridad. Al igual que para MSAW, combinado con un procesamiento preciso de datos de vigilancia y bien integrado en el procesamiento general de gestión de

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.19

seguridad del proveedor de servicios de navegación aérea, APW sería un activo real en el entorno del TMA de Bogotá.

3.3.4 APM (SUPERVISIÓN DE LA RUTA DE APROXIMACIÓN)

El diseño de trayectorias de aproximación, llegada y salida con el fin de aumentar la capacidad del TMA global de Bogotá es el gran desafío de este proyecto. Esto significará que los vuelos deben, en la medida de lo posible, permanecer establecidos en el procedimiento para reducir el volumen de incerteza de su posición para el responsable del tratamiento y, en consecuencia, reducir el número de conflictos a resolver.

Cuando se establece en la ruta de aproximación, APM debe contribuir en gran medida a la seguridad del vuelo y la oferta, en complemento de las capacidades de MSAW.

3.4 NAVAIDS CONVENCIONALES Y AVANZADOS PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN DE LA NAVEGACIÓN EN EL TMA

3.4.1 CAPACIDADES RNP-AR

El uso pleno de las capacidades de RNP es una condición esencial para resolver los desafíos que plantea los varios aeropuertos y trayectorias asociadas en el futuro TMA de Bogotá. Es esencial ofrecer la flexibilidad y precisión requeridas de las trayectorias respectivas y crear sistemas SID y STAR no conflictivos y procedimientos de aproximación para los respectivos aeropuertos. El nivel de rendimiento requerido podría subir a RNP 0.1 para asegurar la separación capacitiva de trayectorias entre El Dorado I y El Dorado II o mejores mínimos operacionales.

La implementación de los procedimientos RNP 0.15 combinados con la creación de una NTZ (Zona de No Transgresión) en El Dorado I, podría conducir a operaciones paralelas simultáneas en EDR I en el futuro. Este sería un proceso bastante innovador, pero el estudio de seguridad aparece en línea con el razonamiento que está permitiendo aproximaciones paralelas reales impulsadas por ILS con una precisión de la navegación que se mejora.

Este punto es naturalmente fundamental en el escenario final optimizado para resolver la cuestión de la interdependencia e interferencia entre EDR I y EDR II, pero también es esencial crear un sistema capacitivo y una red de trayectoria manejable en todo el TMA.

Por lo tanto, la cuestión del equipamiento de la flota es esencial. No fue posible obtener datos consolidados sobre las estrategias de los operadores de aeronaves esenciales para pronosticar el nivel de las aeronaves equipadas con RNP a medio y largo plazo. Sin embargo, se recopiló información de fabricantes de aviones y cifras en la lista de documentos de referencia. AEROCIVIL debería desarrollar una campaña para abordar esta cuestión y para asegurar el desarrollo futuro del TMA de Bogotá. La otra opción podría ser imponer un mandato para 2030 o 2035. Parece que algunos aeropuertos importantes de América del Sur (Cuzco, Santiago) ya han ido en esta dirección.

Cualquiera que sea la ayuda de navegación de aproximación de precisión utilizada para el segmento final, las aproximaciones RNP AR 0.15 permitirían un valor mínimo de OCH de 250 pies.

	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.20

3.4.2 AYUDAS A LA NAVEGACIÓN CONVENCIONAL

ILS ya está equipando el actual aeropuerto El Dorado I. A corto plazo, sigue siendo esencial ofrecer al aeropuerto un cierto potencial para un mayor desarrollo. Combinado con la precisión de vigilancia adecuada y la creación de un NTZ, podría ofrecer a corto plazo el potencial para operaciones simultáneas de pista paralela.

A largo plazo, las llegadas GLS serían el estándar en EDR I. Para casos excepcionales, se podría desarrollar un procedimiento de contingencia basado en ILS. Se debe realizar un análisis de costo / beneficio considerando el número de posibles ocurrencias.

Actualmente se realizan varios estudios para abordar el desafío de unirse al segmento final de ILS del procedimiento de aproximación RNP-AR y el desafío de mitigar el impacto negativo de la ionosfera para GBAS. Todavía es difícil anticipar cuál sería el resultado de estos estudios, pero parece razonable que la próxima década traerá soluciones apropiadas. Si se puede interceptar ILS en menos de 3 Nm desde el umbral, entonces una buena solución sería mantener ILS en EDR I hasta que los algoritmos GBAS estén totalmente maduros. La última enmienda PANS-OPS (2020) abrió la puerta a menos de 5 Nm con referencia de altitud barométrica. Las pruebas adicionales que utilizan la referencia de altitud basada en GNSS prometen ofrecer una solución para el segmento final de menos de 3 Nm (ver los estudios EUROCONTROL y SESAR listados en los documentos de referencia). Un umbral desplazado que deja 3 000 m de longitud de pista para la llegada también ayudaría a ganar algo de distancia en el segmento final.

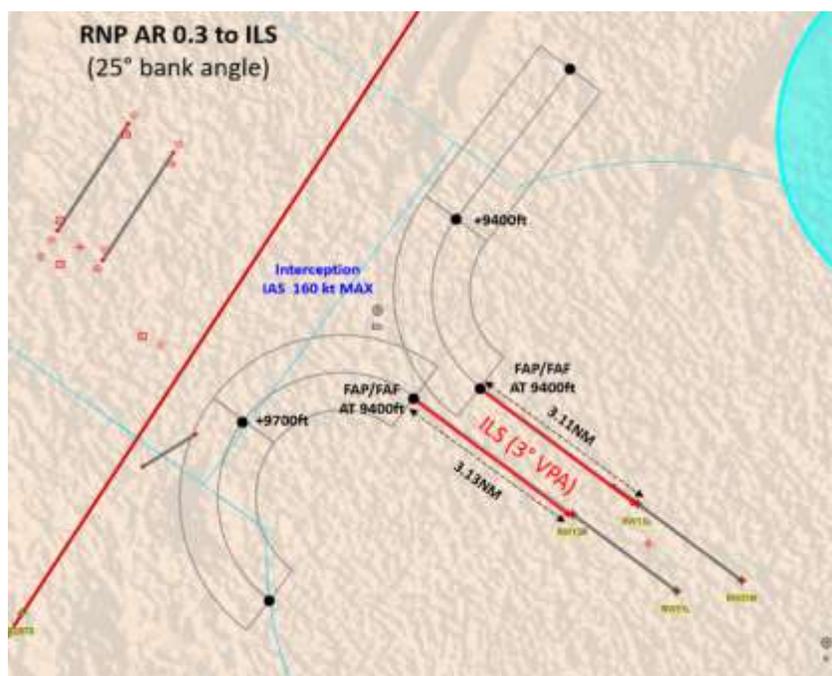


Ilustración 6: RNP AR 0.3 to ILS

A largo plazo, ILS podría seguir siendo útil como respaldo y para acoger, según la política de AEROCIVIL, aviones no equipados con RNP a pesar de la interferencia con los procedimientos EDR II. Sin embargo, esto llevará a un deterioro significativo del funcionamiento del sistema y sólo puede preverse para situaciones de emergencia o de contingencia.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.21

El análisis del escenario final conduce a la conclusión de que, suponiendo que los procedimientos RNP-AR estén activos para EDR I, es posible mantener los procedimientos convencionales para EDR II. Debido a las condiciones frecuentes de baja visibilidad, se requeriría un ILS en QFU 04 en EDR II. En QFU 22, también sería útil después de la verificación del rendimiento de la señal en el punto de interceptación (alta y lejana) y un análisis in situ apropiado. Planes de concepción iniciales para un ILS en la pista 04R (glide path 3 °), un ILS en la pista 04L (glide path 3,3 °) y un ILS en la pista 22L (glide path 3°).

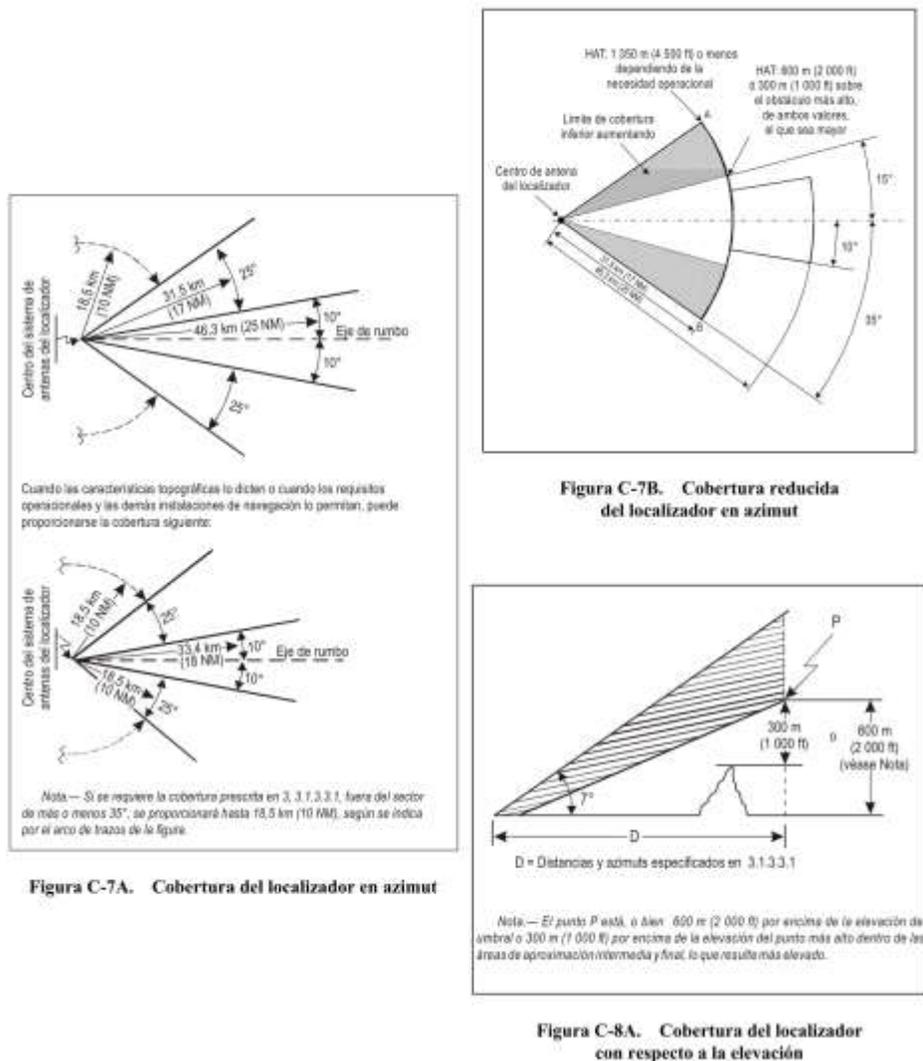


Ilustración 7: Extracto del Anexo 10 de la OACI sobre la cobertura ILS

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.22

3.4.3 SISTEMAS DE AUMENTO BASADOS EN SATÉLITES

Los sistemas de aumento basados en satélites son prometedores en términos de rendimiento. SBAS (Satellite Based Augmentation Systems) permite implementar procedimientos Cat 1 equivalentes en todos los aeropuertos y GBAS (Ground Based Augmentation Systems) sin duda ofrecerá en el futuro la capacidad de ir por Cat 2 o Cat 3 equivalente. Las normas han sido publicadas por la OACI recientemente y son aplicables desde noviembre de 2018.

Sin embargo, actualmente no hay ninguna oportunidad en Colombia para SBAS ya que no se ha lanzado ningún programa en Sudamérica con este objetivo. Sin embargo, SBAS se está expandiendo rápidamente en el mundo. África con ASECNA está trabajando activamente para su implementación bajo latitudes tropicales y los algoritmos en desarrollo están teniendo resultados muy prometedores que ofrecen un gran potencial. La integridad de la señal se puede asegurar a pesar de la disponibilidad reducida durante períodos de actividad ionosférica intensa (reducción del 99% a 85% pero mucho mejor que nada).

Es importante que Colombia considere la posible implementación del SBAS en su territorio ya sea a través de un programa nacional o un programa regional. Lógicamente, esto podría lograrse a través de la extensión del programa WAAS americano como es el caso en África por la extensión del programa europeo EGNOS.

3.4.4 GBAS

La reciente publicación de normas para los sistemas de aterrizaje GBAS (Modificación 91 del Anexo 10 Vol. 1) de la OACI que permiten un rendimiento equivalente a ILS Cat III, está abriendo un futuro muy prometedor en el caso del TMA de Bogotá. De hecho, la combinación de RNP-AR, Radio al punto de referencia (RF), procedimientos y la instalación de una estación GBAS, debería conducir muy lógicamente a la implementación de aterrizajes simultáneos paralelos curvos en el futuro.

Todavía hay algunos pasos de desarrollo para tener en cuenta en el desarrollo de aterrizajes curvos, pero la tecnología GBAS debe estar totalmente adaptada y razonablemente podemos ser optimistas para ver tales desarrollos en la próxima década. La pregunta también estará relacionada con el equipamiento de la flota.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.23

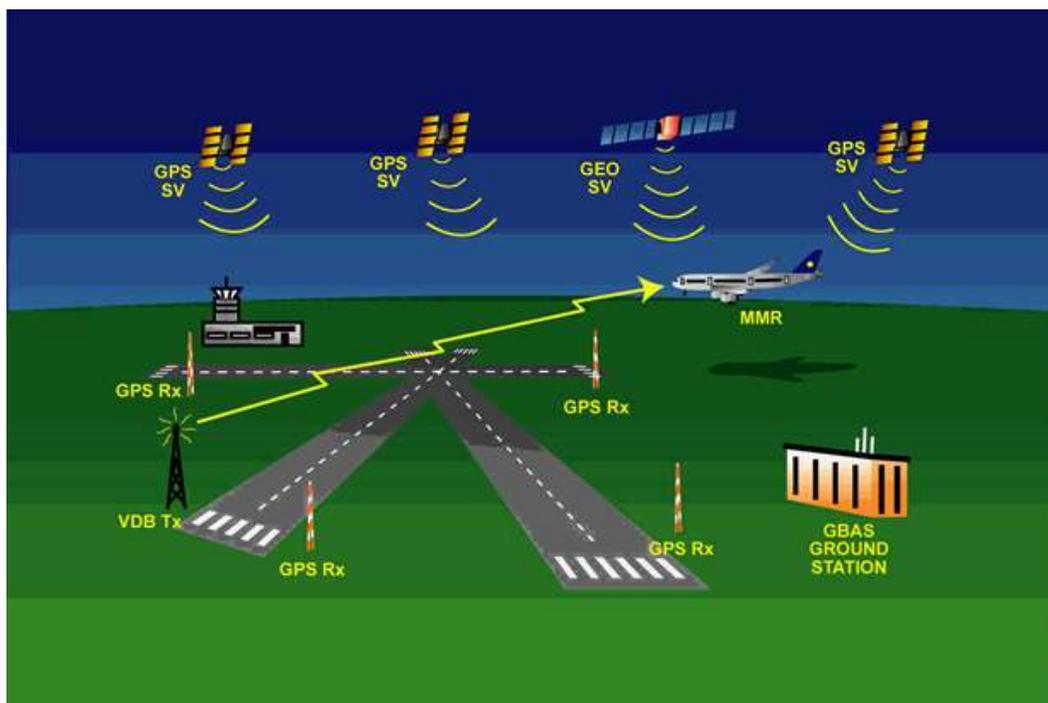


Ilustración 8: Principios GBAS

Por lo tanto, debe preverse que la instalación de alguna estación GBAS en EDR I aproveche al máximo la capacidad que ofrecen los procedimientos RNP-AR. Debido a la gama de 23 NM, esta capacidad podría incluso servir a otros aeropuertos en el TMA, especialmente EDR II. Sin embargo, debido a la posición de Bogotá en la zona ecuatorial, el desempeño de algún sistema GBAS en Bogotá debe evaluarse debido a una posible alteración ionosférica.

Se están realizando estudios y experimentos en la región SAM. GBAS DFMC (constelación múltiple de doble frecuencia) también podría considerarse como una perspectiva prometedora para el futuro.

3.5 SISTEMAS IMPLEMENTADOS PARA GARANTIZAR EL PLENO USO DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE

3.5.1 HERRAMIENTAS DE SECUENCIACIÓN

Las herramientas de secuenciación son esenciales para proteger de forma segura y eficiente los tráficos, salidas o llegadas, en un flujo fluido y eficiente con el fin de optimizar el uso de la capacidad del aeropuerto considerado. Todo el proyecto de desarrollo del TMA de Bogotá está dirigido a crear un entorno capacitivo a través del diseño del espacio aéreo y la estructura de rutas. Las herramientas de secuenciación proporcionarán asistencia electrónica a través de diferentes funcionalidades, para implementar una gestión eficiente de llegadas y salidas.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.24



Ilustración 9: Sistemas de secuenciación AMAN y DMAN

Los sistemas de secuenciación también son esenciales para una coordinación eficaz y fluida entre en centro en ruta ACC y la aproximación ATC para permitir a los primeros preparar una secuencia óptima para los segundos en caso de llegadas y evitar la complejidad improductiva en el TMA. Estos sistemas de secuenciación, AMAN y DMAN, ofrecen capacidades adicionales sobre los sistemas ATC tradicionales (RDPS, FDPS), pero se han convertido en esenciales para los aeropuertos importantes para garantizar un uso completo y seguro de la capacidad disponible.

3.5.1.1 ADMINISTRACIÓN DE LLEGADAS (AMAN)

Como mínimo y a corto plazo, la implementación y el uso operativo en Bogotá de un sistema de Gestión de Llegadas o Arrival Manager (AMAN) debería prestar gran asistencia en el aumento de la capacidad operativa y la eficiencia del TMA de Bogotá. Con el desarrollo de EDR II y Tocancipá, dependiendo del nivel de interdependencia con EDR I, el sistema de gestión de llegadas debe evolucionar para gestionar mejor las dependencias existentes.

Una gran ventaja de implementar el uso completo de las herramientas de secuenciación de llegadas es mejorar la eficiencia de la coordinación ACC y APP, permitiendo al centro ACC servir y preparar el trabajo de la unidad de aproximación en la pre organización de la secuencia.

En un segundo paso, una evolución hacia la "gestión extendida de llegadas" o Extended Arrival Management permitiría una mejora en los procesos de secuenciación de ATC en el centro de Bogotá al mejorar la previsibilidad y suavizar la secuencia de llegada según Bogotá. Esto sería muy eficiente para el tráfico de corto y medio alcance que está constituyendo el 75% del tráfico.

Otra evolución podría ser combinar la estrategia de Gestión de Llegadas con medidas ATFCM a corto plazo.

Por último, el desempeño de todas estas capacidades depende en gran medida de la previsibilidad del plan de vuelo, que puede estar respaldada por una vigilancia eficaz en todo el espacio aéreo colombiano o el desarrollo de operaciones de tiempo objetivo donde los vuelos están integrando restricciones de aeropuerto y en ruta a través de los horarios objetivo (target times) para la llegada en ruta y la llegada al aeropuerto.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.25

3.5.1.2 ADMINISTRACIÓN DE SALIDAS (DMAN)

En cuanto al “Departure Manager”, no parece necesario en este momento planificar la implementación de las funciones de Gestión de Salidas. Si las llegadas están bien secuenciadas y la plataforma bien gestionada de forma colaborativa, la secuencia de salida se optimizará en consecuencia.

A largo plazo, sin embargo, la planificación de las salidas de varios aeropuertos importantes en el mismo TMA puede tener que garantizar la coherencia de los flujos en los puntos de salida del TMA. Esto puede necesitar la implementación de DMAN para garantizar el máximo uso de la capacidad de pista y la previsibilidad de los vuelos.

3.5.2 AIRPORT COLLABORATIVE DECISION MAKING O A-CDM (TOMA DE DECISIONES COLABORATIVAS EN EL AEROPUERTO)

No directamente en línea con la organización del Espacio Aéreo y la Capacidad en línea con el proyecto, la gestión del Aeropuerto de Bogotá es esencial para entregar el desempeño del sistema general. No hay ningún beneficio en la optimización del espacio aéreo o la red de rutas si el aeropuerto no se gestiona de una manera óptima.

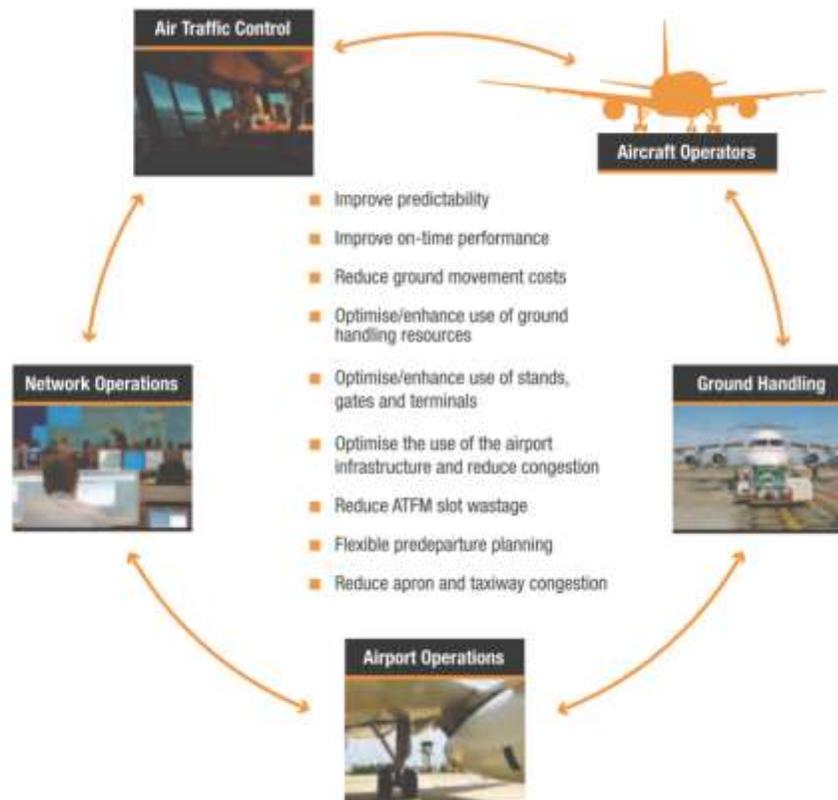


Ilustración 10: Objetivos A-CDM, extracto del Manual A-CDM de EUROCONTROL

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.26

Los procesos de toma de decisiones de colaboración en el aeropuerto sin duda beneficiarían al aeropuerto El Dorado I a corto plazo para ofrecer un mejor rendimiento, garantizar una coordinación completa entre el ATC y las operaciones aeroportuarias en operaciones regulares y aún más en situaciones críticas.

La implementación de estos procesos suele estar respaldada por sistemas apropiados que están interconectados con los sistemas ATC y los sistemas de planificación aeroportuaria como mínimo y también podrían interactuar con los sistemas de los usuarios del espacio aéreo, especialmente Avianca para Bogotá.

Esto también será útil para EDR II.

3.5.3 A-SMGCS (ADVANCED SURFACE MANAGEMENT GUIDANCE AND CONTROL SYSTEM)

Al igual que A-CDM, A-SMGCS no contribuirá a aumentar la capacidad del aeropuerto, sino a operarlo de forma segura y fluida con el fin de densificar y optimizar la capacidad disponible sin poner en peligro la seguridad.

La disposición del Aeropuerto de Bogotá EDR I es relativamente simple y la implementación de A-SMGCS no debería ser un gran desafío. Su necesidad debe estar justificada por las conclusiones de los equipos locales de encargados de la seguridad de la pista y el análisis de varios casos de seguridad en el aeropuerto.

A pesar de la visibilidad generalmente buena en el aeropuerto y la baja tasa de condiciones de LVP, se recomienda implementar al menos las funciones básicas de A-SMGCS para evitar incursiones en la pista.

Dependiendo de la evolución de EDR II en el futuro, esto también tendrá que ser considerado para EDR II.

3.5.4 MONITORIZACIÓN DEL RENDIMIENTO: SEGURIDAD, MEDIO AMBIENTE, EFICIENCIA

La supervisión del rendimiento es muy necesaria en un entorno complejo. El proyecto del desarrollo del TMA de Bogotá es un proyecto desafiante y se discuten y analizan criterios de desempeño con el fin de diseñar la mejor solución para el desarrollo del TMA. En cada paso de la evolución, será necesario medir el rendimiento real del sistema para garantizar la adaptación real de los métodos operativos, en la toma de decisiones puntuales para la evolución de la red de rutas y la organización del espacio aéreo.

La seguridad y el monitoreo ambiental necesitarán un análisis regular de las trayectorias seguidas por las aeronaves para garantizar el cumplir los objetivos de seguridad, analizar incidentes y casos de seguridad y actualizar los indicadores ambientales.

La monitorización del tráfico también será útil para analizar la carga de tráfico en los diferentes sectores del TMA y adaptar, si es necesario, la sectorización.

Por último, para garantizar el rendimiento del procesamiento de la vigilancia y las operaciones paralelas eficaces de la pista, debe realizarse un análisis comparativo de los datos de vigilancia con regularidad.

Todo esto se puede lograr con algún sistema ligero analizando el tráfico por explotación de las diferentes pistas y vuelos grabados. Dicho sistema puede identificar incidencias de seguridad y emitir algunos informes sobre los diversos indicadores de rendimiento a seguir.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.27

3.6 GESTIÓN FÁCIL Y EFICIENTE DE LAS COMUNICACIONES

La implementación de un tráfico denso y complejo en el TMA de Bogotá está creando la necesidad de una organización elaborada del espacio aéreo, una red de rutas bien estructurada, así como procedimientos operativos mejorados.

En la mayoría de los casos, la organización operativa estratégica y bien preparada será eficiente y equilibrada en términos de carga de trabajo del ATC. Sin embargo, en caso de situación incidental o capacidades reducidas, se necesitará una reacción rápida y eficiente para hacer frente a la situación, garantizar una gestión segura del caso y no degradar demasiado el rendimiento operativo general.

Cuanto más silenciosas sean las operaciones, más rápido será el proceso reactivo a cualquier variación de la operación estándar. Esto tiene una clara influencia en las comunicaciones y especialmente en las comunicaciones de voz. Podemos anticipar que la mayoría de las autorizaciones se coordinarán o se darán a través de la comunicación digital en el futuro, ya sea Digital Air-Ground Datalink o comunicación digital de controlador a controlador a través de diferentes sistemas, comunicación digital o SWIM. La contraparte es que las situaciones incidentales o anormales requerirán coordinaciones de voz rápida entre los controladores y un diálogo eficiente entre piloto y controladores.

Por lo tanto, no se debe descuidar la eficiencia y el rendimiento de los sistemas de comunicación, ya que entran claramente en el esquema general de desempeño del desarrollo del TMA capacitivo para Bogotá.

3.6.1 COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA

En términos de comunicaciones tierra-tierra, el sistema debe funcionar de manera eficiente como para cualquier sistema ATC. Sin embargo, se deben resaltar dos casos específicos en los escenarios analizados.

En el escenario final optimizado las operaciones RNP-AR son el caso estándar para EDR I, se debe reducir la necesidad de una coordinación de voz regular entre EDR I y EDR II, ya que los sistemas ATC deben estar lo suficientemente sincronizados para ofrecer una buena visión de la situación tanto en CTR como para evitar procesos de coordinación pesados. Esto puede significar la instalación de alguna pantalla de vigilancia en ambas torres. En caso de llegada convencional en la pista 13 en EDR I por razones excepcionales, el tráfico en EDR II para la salida e incluso la llegada tendrá que ser coordinado previamente con EDR I.

Sea cual sea su situación final, si se construye EDR II, un sistema eficiente, redundante y rápido en tierra, voz y digital, tendrá que ser implementado entre las torres de control EDR I y EDR II. Su conexión con Guaymaral para la coordinación de vuelos VFR también puede ser útil.

3.6.2 COMUNICACIONES AIRE-TIERRA

En cuanto a las comunicaciones aire-tierra, la situación no debe diferir mucho de la situación actual, excepto por la necesidad de nuevas frecuencias resultantes del desarrollo de una nueva sectorización.

La implementación del data link ayudará a limitar la carga de trabajo de los controladores de tráfico aéreo y la tripulación, pero también permitirá mantener la frecuencia disponible para la gestión de situaciones inusuales.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.28

3.7 CONCLUSIÓN

El análisis del CNS no difiere mucho en función de los diferentes escenarios analizados en el WP4. Los componentes clave del CNS de la estrategia de desarrollo del TMA de Bogotá, residen claramente en:

- El nivel de rendimiento de la vigilancia en todo el TMA para permitir reducir los estándares de separación a 3 NM y permitir las operaciones simultáneas de pista paralela en El Dorado I,
- El uso extensivo de RNP-AR en todo el TMA (llegadas, salidas y aproximaciones),
- La implementación propuesta de GBAS en El Dorado I con el objetivo de servir a todos los aeropuertos del TMA sería una solución ideal a largo plazo.
- Los procedimientos RNP AR a ILS ciertamente ofrecerán un camino para las condiciones de LVP en el mediano plazo.

Las capacidades esenciales, como las comunicaciones tierra-tierra and aire-tierra, por lo tanto, no son realmente desafiantes en términos de tecnología y no deben descuidarse en el esquema general de desarrollo.

Con el fin de garantizar la seguridad y evitar cualquier evento catastrófico en un entorno cargado con tráfico y desafiante, debe preverse la implementación de diferentes tipos de redes de seguridad.

Por último, la implementación de herramientas de secuenciación y A-CDM contribuirá en gran medida a aprovechar al máximo la capacidad disponible.

Un sistema de análisis de rendimiento para gestionar todos los indicadores de rendimiento, identificar incidencias de seguridad y supervisar la eficiencia general de la TMA es adecuado.

A pesar de la incertidumbre creada por la perturbación de la ionosfera en las señales de GBAS, existen algunas perspectivas de solución, ya sea a través de GBAS DFMC o de PBN a los procedimientos de ILS que se estudian actualmente. Sin embargo, RNP AR permite un OCH de 250 pies sin ningún medio XLS para aterrizaje de precisión.

4 RECURSOS HUMANOS Y ORGANIZACIÓN

El proyecto de modernización del TMA de Bogotá es ambicioso y exigente. Uno de los pilares de su cumplimiento será la integración de una política de recursos humanos adaptada, implementada a través de la gestión del personal que permita la seguridad, la capacidad y la eficiencia.

Este párrafo presentará dos formas de gestionar el personal en una sala de control:

1. Horario individualizado
2. Horario de los equipos

Cada sistema tiene sus ventajas y desventajas, pero los requisitos son comunes:

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.29

- Para abrir sectores que satisfacen la demanda con controladores cualificados y capaces (ajustar la presencia de controladores a esta necesidad);
- Para asegurar la presencia de un Supervisor las 24 horas del día (pensar en reemplazarlo por sus comidas y descanso);
- Para permitir a todo el mundo:
 - Períodos de descanso;
 - Vacaciones legales;
 - Cursos de formación (nuevos procedimientos, mantenimiento de habilidades);
 - Reuniones de trabajo o de información (briefings).

Además de los requisitos mínimos mencionados anteriormente, es altamente recomendable lo siguiente, ya que reforzarán los servicios necesarios para el correcto funcionamiento del Centro de Control:

- Permitir (o incluso hacer obligatorios) adscripciones:
 - Oficina de diseño: para permitir que los ATCO cualificados trabajen en los estudios y desarrollos necesarios para la optimización constante de las operaciones;
 - Oficina de servicio de calidad y seguridad: aprovechar la experiencia de los ATCO cualificados para fortalecer el equipo que debe analizar incidentes y proponer acciones correctivas/preventivas;
 - ATFM: permitir que los ATCO calificados sean capacitados en servicios y fortalecer el equipo de ATFM que trabaja mejor con el personal con calificaciones de control actualizadas;
 - Unidad de formación: cada centro tiene su propio centro de formación y requiere la presencia de controladores cualificados para reforzar el equipo.

Los controladores adscritos podrán ser secundados por los períodos identificados por el director de operaciones con el fin de no privar a las operaciones de los recursos necesarios durante los períodos de alta demanda de capacidad, sino también para garantizar el buen funcionamiento de la entidad y el logro de los objetivos prioritarios que pueden cambiar.

Como tendrán que permanecer cualificados, los períodos de mantenimiento de la cualificación se programarán para este fin, y a menudo permitirán combinar negocios con placer aumentando el número de controladores presentes en la sala en ocasiones identificados por la operación.

En todos los casos, el número de controladores calificados (TWR, APP y ACC) debe ser aproximadamente el doble del número necesario para la sala de operación.

Tan pronto como entramos en la espiral de la falta de personal, el círculo vicioso se acelera: el atractivo del centro disminuye considerablemente (la demanda de traslados y jubilaciones), los servicios esenciales como la calidad del servicio, los estudios ATFM y la formación son escasos para proporcionar a todo el personal cualificado en la sala de control.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.30

4.1 HORARIOS INDIVIDUALIZADOS

4.1.1 VENTAJAS

- Permitir que un programa de software gestione la gestión del personal para el mes siguiente en función de la demanda de tráfico, solicitudes de vacaciones, solicitudes de formación, adscripciones, etc...
- Le permite trazar estadísticas y detectar falta de personal (incapacidad para responder a todos los datos de entrada) o exceso de personal (mucho más raro).
- Ha sido elegido por muchas empresas que lo describen como más eficiente en términos de rendimiento y gestión del personal.

4.1.2 DEBILIDADES

- Durante los períodos de falta de personal, crea un aumento de la carga de trabajo para la operación que tendrá que hacer frente a la insatisfacción de muchos funcionarios operativos que tendrán que ser gestionados individualmente.
- Deja poco tiempo para que los controladores organicen su vida personal con antelación, ya que el sistema propone un horario a finales de mes N para el mes N+1 que resulta en numerosas solicitudes de "intercambios o reemplazos" que tendrán que ser monitoreados ya que pueden conducir a sobrecargas de las horas de ciertos controladores.
- No promueve el espíritu de equipo y no permite una buena gestión de recursos.

4.2 HORARIOS DEL EQUIPO

4.2.1 VENTAJAS

- Alivia al departamento de operaciones de una gran parte de la gestión del personal presente, la reunión de vacantes, capacitación y adscritos, ya que esto se delega a los líderes del equipo.
- Los líderes del equipo son los corresponsales privilegiados del Director de Operaciones, que no tiene que lidiar con los problemas individuales de antemano.
- Al organizar reuniones mensuales con los líderes del equipo, el gerente de operaciones puede comunicarse (TOP-DOWN) y escuchar (BOTTOM-UP).
- El líder del equipo es nombrado por la operación y es un controlador y supervisor experimentado. Será el responsable de la disciplina dentro de su equipo: lista de tareas, respetando los horarios, manteniendo habilidades, monitoreando la formación de los controladores estudiantiles en su equipo.
- Permite una mejor gestión de vacaciones, formación, adscripciones, bajas por enfermedad, etc... porque tener un exceso de personal permite amortizar las variaciones de los picos de las necesidades operativas.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.31

4.2.2 DESVENTAJAS

- Requiere más personal que el sistema individualizado.
- La estructura "paternalista" del equipo puede ser inconveniente para algunos controladores.
- Aunque el sistema homogeneiza los métodos de trabajo internos del equipo, es menos probable que homogeneice los métodos de trabajo a nivel global si no se ha identificado como un objetivo de alto nivel.

5 MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN

5.1 CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES

5.1.1 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para el cálculo de las huellas de ruido: el software desarrollado por la FAA para modelar el ruido aeronáutico percibido en el suelo, INM versión 7d, se utilizó en este estudio. Se consideraron condiciones de temperatura de 15oC y 70% de humedad relativa. Durante los cálculos también se consideró un modelo de terreno digital.

Para la extracción de las huellas de ruido: las curvas de ruido se extraen de INM como un archivo compatible con el software de trazado curvo NMPlot que permite la generación de un archivo en formato Shapefile.

Para la representación de las curvas de ruido en un fondo de mapa geográfico y la medición de la distancia: Se ha utilizado un software de sistema de información geográfica de origen abierto- QGIS.

Para el cálculo de las superficies de las huellas de ruido : Se utilizó el software Global Mapper.

Para el cálculo del consumo de combustible y las emisiones de CO2: se utilizó información de la base de datos BADA desarrollada por EUROCONTROL para determinar el consumo de combustible por NM para un determinado tipo de aeronave, peso y altitud.

5.1.2 METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ESTUDIO DEL RUIDO

Paso 1: Definición de trayectorias en el modelo de ruido INM

La transcripción de los procedimientos definidos por el equipo del proyecto FRACS en trayectorias interpretadas por INM se realizó mediante entrada manual utilizando las opciones de definición de procedimiento vectorial propuestas por INM. Sobre la base de los puntos de notificación y el diseño de los procedimientos definidos por el equipo del proyecto FRACS, las trayectorias se introdujeron manualmente. En el caso del tráfico de referencia, los procedimientos nominales actuales también se introdujeron manualmente.

Paso 2: Definición del tráfico aéreo

A partir del tráfico de referencia del día del 6 de diciembre de 2018, y su proyección 2029 definida por el equipo del proyecto FRACS, el tráfico se define manualmente en una hoja de cálculo y luego se copia en INM.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.32

La tabla de traducción de aeronaves (tipo de aeronave de radar / tipo de aeronave INM) también utilizada para definir los procedimientos de salida/llegada de INM asociados es la utilizada por la DGAC francesa para llevar a cabo sus estudios ambientales. La lista de aeronaves utilizadas bajo INM se muestra a continuación. La distinción entre el tráfico de día/noche se hace teniendo en cuenta la hora universal (UT) indicada en el tráfico de referencia y la hora local. En el tiempo UT, la ranura de la noche corresponde a la ranura [2h01 - 12h00].

La identificación del vuelo/trayectoria del tráfico de referencia se lleva a cabo después de la observación conjunta de los datos de radar de los aeropuertos de destino/provincia.

En el caso del tráfico de referencia -día del 6 de diciembre- se consideró que todos los movimientos se operaban en las pistas 13L/R.

Paso 3: Definición de indicadores de ruido

Entre los indicadores disponibles bajo INM, se eligió el indicador LDN para que fuera compatible con la normativa colombiana. Se seleccionaron los umbrales 55, 60 y 65 dB(A), también utilizados en las regulaciones colombianas. Se prestó especial atención a la curva LDN 65 para la cual se aplican medidas especiales alrededor del aeropuerto de Bogotá.

Paso 4: Lanzamiento del cálculo y extracción de las huellas de ruido.

Paso 5: Explotación de las huellas de ruido en QGIS (representación cartográfica) **y GlobalMapper** (cálculo de área).

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.33

DEPARTURES					ARRIVALS				
A21N	B190	B772	DHC6	T37	A21N	B38M	B789	E120	SW4
A321-232	DHC6	777200	DHC6	LEAR25	A321-232	737800	7878R	EMB120	DHC6
A318	B350	B788	E120	✗	A318	B39M	BE20	E145	✗
A319-131	DHC6	7878R	EMB120	✗	A319-131	737800	DHC6	EMB145	✗
A319	B38M	B789	E145	✗	A319	B722	BE30	E170	✗
A319-131	737800	7878R	EMB145	✗	A319-131	727EM2	DHC6	EMB170	✗
A320	B39M	BE20	E170	✗	A320	B732	BE35	E190	✗
A320-211	737800	DHC6	EMB170	✗	A320-211	737N9	DHC6	EMB190	✗
A321	B722	BE30	E190	✗	A321	B734	BE40	F28	✗
A321-232	727EM2	DHC6	EMB190	✗	A321-232	737400	LEAR35	F28MK4	✗
A325	B732	BE40	E55P	✗	A325	B737	BE9L	F2TH	✗
A320-211	737N9	LEAR35	CL600	✗	A320-211	737700	CNA441	CL600	✗
A332	B734	BE9L	F2TH	✗	A332	B738	C130	G280	✗
A330-301	737400	CNA441	CL600	✗	A330-301	737800	C130	LEAR35	✗
A333	B737	C130	GLF5	✗	A333	B744	C208	GLF5	✗
A330-301	737700	C130	GV	✗	A330-301	747400	CNA208	GV	✗
A346	B738	C17	H258	✗	A346	B748	C25C	GV	✗
A340-642	737800	707320	LEAR35	✗	A340-642	7478	CNA525C	GV	✗
AC90	B744	C208	JS32	✗	AT43	B752	CL60	H258	✗
CNA441	747400	CNA208	LEAR35	✗	DHC8	757RR	CL600	LEAR35	✗
AT43	B748	C25C	LJ60	✗	AT45	B762	CL600	H5748A	✗
DHC8	7478	CNA525C	LEAR35	✗	DHC8	767JT9	CL600	H5748A	✗
AT45	B752	C56X	MD11	✗	AT76	B763	DC3T	JS32	✗
DHC8	757RR	CNA560XL	MD11GE	✗	H5748A	767300	DHC6	LEAR35	✗
AT75	B762	DC3T	PC12	✗	B190	B777	DH8C	LEAR35	✗
H5748A	767JT9	DHC6	CNA208	✗	DHC6	7773ER	DHC830	LEAR35	✗
AT76	B763	DH8C	SW4	✗	B350	B788	DHC6	PC12	✗
H5748A	767300	DHC830	DHC6	✗	DHC6	7878R	DHC6	CNA208	✗

Ilustración 11: Aeronave INM utilizados en el estudio de ruido

5.1.3 LIMITACIONES IDENTIFICADAS Y ÁREAS DE MEJORA

Objetivos

El enfoque de estudio ambiental consistió en llevar a cabo un ejercicio comparativo para simular el ruido y el impacto de CO₂ del tráfico de una jornada de referencia de acuerdo con un escenario determinado. Se afrontó un interés articular como consecuencias en las inmediaciones del aeropuerto de Bogotá.

Limitaciones

La consideración de hipótesis simplificadas, como el examen de los procedimientos nominales y una tipología idéntica de aeronaves en la proyección de 2029, que en el marco de un estudio comparativo no constituye un problema importante, impone, no obstante, algunas precauciones. De hecho, la dispersión de las trayectorias y la inevitable evolución de la flota de aeronaves hacia aeronaves más ambientalmente virtuosas tienden a reducir las huellas de ruido (y las emisiones de CO₂) evaluadas en este estudio. La consideración de un solo día de tráfico, sin gran impacto dado nuestro objetivo, también debe ser revisada considerando varios días para tener en cuenta la variabilidad en número y tipo de aeronaves que utilizan el aeropuerto de Bogotá.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.34

Teniendo en cuenta el medio ambiente en la definición del diseño de los procedimientos debe considerarse muy temprano en el proceso. En este ejercicio, se han favorecido limitaciones distintas de las ambientales en un primer paso porque son muy fuertes (alturas mínimas impuestas por el relieve). Como consecuencia, aquí todavía puede haber espacio para la mejora en los aspectos ambientales de ciertas trayectorias.

La consideración de restricciones operativas como las que se aplican actualmente en el aeropuerto de Bogotá (despegues impuestos en la pista 31 de la noche) también tiene un fuerte impacto en los resultados de ruido expresados con un indicador como el LDN. ¡Más aún como el tráfico nocturno en el Aeropuerto de Bogotá no es insignificante! La implementación de este último cambiaría la forma de las huellas sonoras obtenidas.

Por último, no fue posible contar la población afectada por las huellas acústicas. Por lo tanto, estos datos son importantes para evaluar el impacto de la transferencia de tráfico desde el centro actual en Bogotá a otro aeropuerto.

Nota : Según la reunión con AEROCIVIL del 24 de abril de 2020, esta sección puede mejorarse con el impacto de la población, si se pueden importar los datos adecuados.

Comunicación

Tal evolución del sistema requiere una comunicación ambiental seria con los funcionarios electos y las poblaciones que serían sobrevoladas, sin olvidar también a los funcionarios electos y poblaciones que verían mejorar su situación.

5.2 SIMULACIÓN ACELERADA

Los simuladores de tiempo acelerado como el AirTOp son herramientas que, como su nombre indica, a diferencia de los llamados simuladores de tiempo real, simulan el flujo de tráfico a través de una infraestructura o un dispositivo de tráfico aéreo en tiempo acelerado, generalmente a unas pocas docenas de veces la velocidad real.

Para permitir estas altas velocidades de ejecución, los simuladores de tiempo rápido utilizan una modelización ligeramente simplificada del dispositivo estudiado y sus reglas de funcionamiento y calculan las posiciones de la aeronave simulada a intervalos de tiempo regulares. En el caso de AirTOp, las posiciones de la aeronave virtual se actualizan cada segundo.

Para llevar a cabo un experimento por vía rápida basado en un simulador sobre un concepto de dispositivo de tráfico aéreo o para evaluar el rendimiento de un sistema planificado o existente, es necesario establecer primero el alcance y las limitaciones de la modelización en relación con el objeto de estudio. Esto incluye la definición de los límites del espacio aéreo o de la infraestructura que se está modelando y la evaluación del nivel de simplificación pertinente, teniendo en cuenta que cuanto más simplificada sea la modelización, más rápida será la modelización y las simulaciones, pero al mismo tiempo menor será el nivel de detalle. Por ejemplo, el simulador permite que un solo controlador sea responsable de todo un aeropuerto y su espacio aéreo cuando no se estudia la carga de trabajo, pero también puede simular individualmente diferentes controladores, cada uno de los cuales es responsable de una parte del sistema modelado. A continuación, es necesario identificar el tráfico que se presentará al simulador de acuerdo con el objetivo deseado y preparar estos datos de manera que puedan ser comunicados al simulador en forma de un archivo de datos en un formato específico que pueda asimilar. Por último, el dispositivo que se va a simular debe ser parametrizado en la herramienta, lo que representa dos tareas principales: la modelización de las características físicas y geométricas del dispositivo, como las altitudes de los aeropuertos y las trayectorias, las coordenadas de los puntos de navegación utilizados y las pistas de aterrizaje, etc.; y la modelización de las reglas de funcionamiento, como las dependencias entre las pistas de aterrizaje, las

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.35

separaciones mínimas entre dos aeronaves, la elección de las rutas en función de los orígenes, los destinos y las condiciones del tráfico, etc.

Una vez terminada la modelización, se pueden realizar simulaciones de escenarios y medir indicadores de rendimiento como flujos o retrasos a partir de los tiempos de tránsito y los tiempos de vuelo simulados.

Las herramientas de simulación de tiempo acelerado son muy útiles en el proceso de diseño de infraestructuras o dispositivos de tráfico aéreo y en la evaluación de su rendimiento, ya que permiten estimar su respuesta a determinados escenarios de tráfico sin recurrir a soluciones más costosas y que requieren más tiempo, como las simulaciones en tiempo real o la experimentación in situ, que ofrecen un nivel de fidelidad mucho mayor pero cuya aplicación es más compleja.

Nota: El Anexo 6 del Entregable - COMPENDIO SOBRE EL USO DE FTS EN EL PROYECTO detalla la metodología de uso de los FTS en el proyecto.

5.3 SIMULACION EN TIEMPO REAL

5.3.1 INTRODUCCIÓN

El diseño y validación preliminar del concepto de espacio aéreo descrito en el Escenario 10+ se han realizado después del diseño de trayectorias compatibles con la zona montañosa y los objetivos de eficiencia operativa.

La experticia, la experiencia, el conocimiento del medio ambiente colombiano y los datos proporcionados por AEROCIVIL y la comunidad aeronáutica permitieron al equipo de consultores establecer numerosos escenarios que fueron modelados y simulados en AirTOP. El concepto de espacio aéreo ha evolucionado a lo largo del proyecto y ha alcanzado un alto nivel de madurez al final; esta última versión fue modelada y simulada en AirTOP. Los resultados se analizaron con el fin de modificar o fortalecer las opciones del concepto de espacio aéreo.

El objetivo de este primer paso era demostrar la viabilidad del concepto basado en los objetivos que se consideraron al principio:

1. Aumentar la capacidad en términos de número de movimientos y pasajeros para alcanzar las cifras previstas publicadas en el Plan Maestro.
2. Para contener o incluso reducir el impacto ambiental:
 - Ruido: elección de nuevas pistas de aterrizaje y su ubicación, control del ruido en las pistas existentes.
 - CO2: reducir el consumo de combustible, con perfiles mejorados (CCO y CDO), tiempos de espera reducidos en el aire y en el suelo, y diseño de las rutas más directas posibles.
3. Mejorar la eficiencia operativa: Adicional a los objetivos vinculados a la reducción de CO2, reduciendo la complejidad que induce más capacidad y reduciendo la duración de la formación ATCO.
4. Mejorar la seguridad: implementación de PBN, CPDLC, procedimientos de reducción de los intercambios radioeléctricos, evitar/limitación de situaciones conocidas que causan incidentes.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.36

5.3.2 VALIDACIÓN RTS

A veces puede ser necesario llegar a un FTS sucesivo: si el concepto del espacio aéreo ha sido profundamente modificado, o después de resultados de simulación decepcionantes, y con el fin de establecer las condiciones óptimas para la implementación de actividades de simulación en tiempo real (RTS) con la participación de controladores de tráfico aéreo experimentados representativos (ACO) calificados en el área de tráfico.

De hecho, las simulaciones en tiempo real (RTS) se juegan con controladores reales y, por lo tanto, representan un nivel de realismo en línea con el trabajo real de los controladores, que es superior al ofrecido por el FTS. Sin embargo, si el equipo de controladores involucrados no es lo suficientemente representativo, entonces los resultados y conclusiones del ejercicio de simulación pueden ser erróneos. Si la situación presentada o el escenario operativo no es lo suficientemente maduro, entonces puede ser rechazado muy rápidamente por los controladores operativos. Por lo tanto, hay una secuencia natural entre las actividades FTS y RTS: FTS ayuda a diseñar, desarrollar y madurar el concepto, mientras que RTS permite finalmente validarlo y obtener la aceptación final.

El objetivo de la validación RTS será verificar y luego validar el concepto de operaciones, métodos de trabajo y fraseología.

Un grupo de 4 a 6 ATCO calificados, representativos y voluntarios será secundado para trabajar con los procedimientos y diseñadores del espacio aéreo, que se encargarán de presentar las nuevas trayectorias, los límites de los sectores y las operaciones nuevas o modificadas.

También será necesario presentar a los ATCO los objetivos relacionados con los cambios, así como las operaciones modificadas y no modificadas, con el fin de garantizar que los ACO ejecuten la simulación en fase con las hipótesis del concepto.

Se jugarán una serie de simulaciones aumentando la cantidad de tráfico, con el fin de permitir que los ATCO se familiaricen con el nuevo sistema operativo.

Dado que el objetivo de estas simulaciones será validar varias opciones, primero será necesario escribir la "estrategia" de validación que tendrá que incluir el enfoque para la medición de indicadores objetivos, pero también la medición de la impresión subjetiva ATCOS y comentarios.

Después de estas primeras series de simulación, será posible analizar los resultados de los cuestionarios rellenos por los ATCO después de cada sesión, y modificar, si es necesario, ciertas opciones del concepto para reproducir un segundo conjunto de RTS, asegurándose de verificar si se han logrado los resultados esperados.

Estos RTS de validación son absolutamente necesarios para validar el concepto, y no deben confundirse con simulaciones de entrenamiento en tiempo real.

5.3.3 ENTRENAMIENTO RTS

La formación de RTS es un paso clave en la hoja de ruta de implementación. Su propósito es preparar a los ATCO para el nuevo concepto y asegurarse, en el momento de la implementación, de que todos estén preparados para trabajar a lo largo de los principios comunes y consistentes del nuevo concepto.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.37

La experiencia demuestra que los ATCO "confiados" aprenden más rápido y toman la propiedad del concepto más rápidamente.

Por lo tanto, uno de los objetivos de los formadores es demostrar que el nuevo concepto es un beneficio para todos (usuarios del espacio aéreo y ATCO): no trabajar "más", sino trabajar "mejor".

El concepto y las operaciones del Espacio Aéreo deberán resumirse en un manual para ser distribuido a los alumnos. A continuación, se puede establecer la planificación de sesiones de formación teóricas y prácticas. De acuerdo con los ATCO que participaron en la validación (ver paso anterior), los especialistas en capacitación prepararán una agenda de capacitación para todos los controladores con el fin de implementar de forma segura el nuevo concepto de espacio aéreo.

En este programa de entrenamiento, será necesario incluir situaciones estándar con tráfico aumentado en al menos un 20% más alto que el máximo esperado justo después de la implementación, pero también situaciones inusuales y de contingencia con el fin de tranquilizar a los ATCO que siempre están pensando en "qué pasaría si las situaciones" y las acciones a implementar.

Un enfoque de capacitación en fases será más eficaz para permitir que los ATCO asimilaren los nuevos desarrollos. Cada fase no debe exceder de 3 días y debe incluir objetivos, cursos teóricos y ejercicios de formación práctica. Los formadores tendrán que ser capaces de detectar si se han cumplido los objetivos de la fase para pasar a la siguiente fase, que idealmente tendrá lugar 2 o 3 semanas más tarde.

Los ACTO que no hayan adquirido los objetivos de una fase tendrían que unirse a otros grupos de colegas programados en esa fase, antes de poder pasar a la siguiente fase.

5.4 SIMULACION PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES

Las simulaciones de entrenamiento en tiempo real para el enfoque pedagógico son la etapa final de una progresión de entrenamiento que debe llevar a todos los controladores (al menos una gran mayoría) desde el estado de la técnica real hasta el necesario para implementar el nuevo concepto.

Esta progresión del entrenamiento puede referirse a la nueva teoría a aprender, nuevos métodos de trabajo, nuevas habilidades y procedimientos. Una variedad de herramientas pedagógicas se puede utilizar con el propósito de llevar a todos a un nivel donde el controlador será capaz de ejercer sus competencias en operaciones reales. Antes de entrenar para jugar con un buen nivel de rendimiento en el nuevo concepto, que es el propósito de entrenar RTS (ver sección anterior), hay una curva de aprendizaje para construir para asegurar que toda la teoría sea conocida y las habilidades se consoliden.

Documentación e-learning, Computer-Based Training (CBT), sesiones informativas y presentaciones tendrán que ser adaptadas para enseñar la teoría. Los CBT dinámicos y las simulaciones de formación apoyarán la adquisición de nuevas habilidades y métodos de trabajo. Esto se puede lograr en las mismas herramientas y entorno que los simuladores RTS, pero el objetivo es ligeramente diferente, ya que los CBT dinámicos y las simulaciones de entrenamiento pueden estar disponibles en un modo de autoservicio o con un instructor. Lo esencial es que los diversos pasos de la progresión obedezcan a una lógica pedagógica definida y que se supervise la progresión.

Además de la transformación de las competencias de los controladores calificados, que resultará del programa general de capacitación de la Unidad ATC, es necesario que los nuevos controladores reclutados adquieran todas las habilidades posibles antes de su integración, con el fin de limitar la necesidad de adquisición en la unidad operativa. Por lo tanto, una buena cooperación entre la unidad ATC y la academia puede ser un activo para una

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.38

transformación y un cambio desafiantes. La academia de aviación civil puede aportar algunos conocimientos y herramientas pedagógicas, mientras que la Unidad ATC aportará sus conocimientos operativos y objetivos de rendimiento. Ambos pueden contribuir a la elaboración de un programa de formación de la Unidad ATC de alto rendimiento en el centro y asegurarse de que la formación inicial académica para los ATCO esté bien adaptada a los retos de la futura estructura de empleo.

6 GESTIÓN DEL ESPACIO AÉREO (ASM) / GESTIÓN DEL TRÁFICO AÉREO Y FLUJO (ATFM)

6.1 GESTIÓN DEL ESPACIO AEREO(ASM)

El propósito del AirSpace Management es gestionar el espacio aéreo de la manera más eficiente posible. Una forma importante de lograr este objetivo es ajustar finamente el espacio aéreo disponible a sus diferentes usuarios, civiles y militares.

El escenario 10+ presenta un componente esencial que se refleja en este tema y los puntos principales se presentan en esta sección.

6.1.1 ACTIVIDAD MILITAR Y FUA (USO FLEXIBLE DEL ESPACIO AÉREO): GENERALIDADES

Como se establece en esta entrega, el escenario 10+ tiene como objetivo aportar más capacidad para hacer frente a la creciente demanda. La realidad de esta presión económica da un papel destacado a una coordinación más estrecha entre las operaciones civiles y militares. Este aspecto se encontrará plenamente realizado en el uso flexible del espacio aéreo. El documento 4444, apartado 3.1.5, establece que "las autoridades apropiadas deben prever, mediante el establecimiento de acuerdos y procedimientos, el uso flexible de todo el espacio aéreo con el fin de aumentar la capacidad del espacio aéreo y mejorar la eficiencia y flexibilidad de las operaciones de las aeronaves." (versión en inglés).

Pero antes de desarrollar ese tipo de procedimientos, este proyecto pone de relieve la necesidad de redefinir los límites de la zona SKR 10. Como se describe en el capítulo 2 párrafo 1.2.1 Descripción del espacio - Rutas:

- En relación con el diseño de los procedimientos de vuelo, el PMS NW (Point Merge System NW) para EDR II se implementa parcialmente dentro de los límites actuales (lateral y vertical) de SKR 10 para el escenario 10+.
- Debe tenerse en cuenta que PMS NW está ubicado en primer lugar por razones de seguridad, para limitar el impacto de la zona meteorológica adversa entre los VOR ZIP y BUV durante largos períodos de tiempo, y en segundo lugar por razones de diseño, ya que una distancia mínima es necesaria para implementar una eficiente pierna de descenso continuo para EDR II RWY 22L.
- Por lo tanto, los STAR del ISVAT y del EDPUL en el lado oeste, ILSEV y (CDR) GRUDE en el lado norte, y EU990 en el lado este entran en el SKR 10 para unirse a PMS NW.

La siguiente imagen muestra la huella del concepto desarrollado en el escenario 10+ en el Actual SKR 10:

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.39

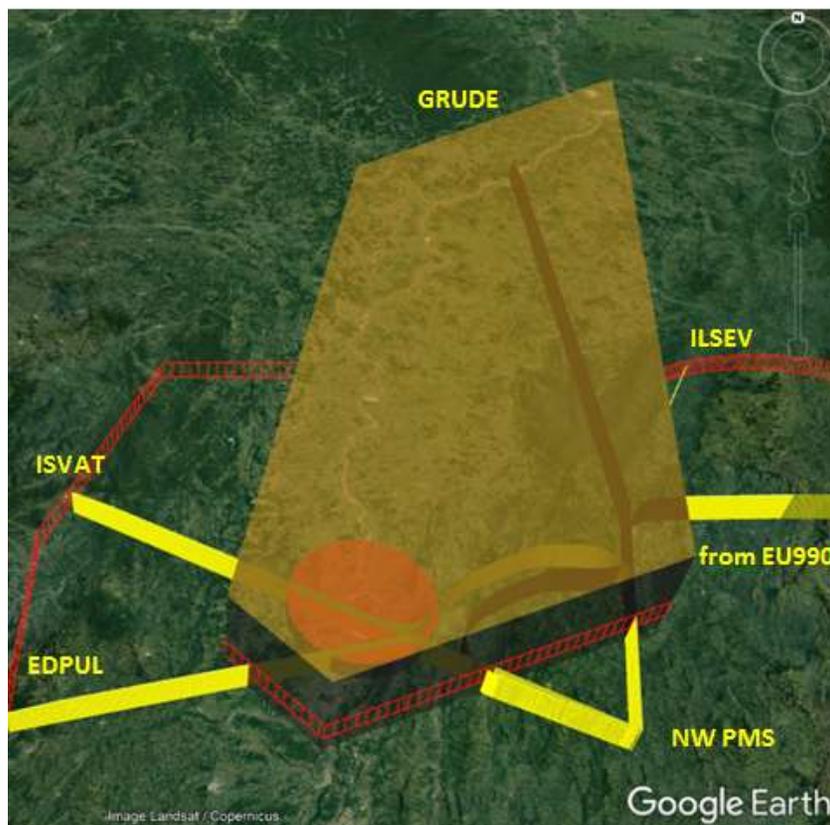


Ilustración 12: Huella de SC 10 +: STARs y PMS que entran en el SKR 10 actual (fuente: Equipo Consultor)

Por esta razón, se proponen dos tipos de modificaciones:

- Permanentemente: parte sur de SKR 10 que se utilizará para los STARs de ISVAT, EDPUL, ILSEV y EU990 para unirse a PMS NW; y
- Durante los períodos definidos, en el marco de la FUA: parte oriental de SKR 10 que se utilizará para CDR STAR del GRUDE para unirse a PMS NW.

6.1.2 NUEVA FORMA PARA SKR 10

Las actividades militares y civiles tienen que tener lugar con el menor impacto posible entre sí. Las operaciones civiles previstas en el escenario 10+ en la parte sur del SKR 10 tienen lugar por encima de 16500' para el PMS, y por encima de FL 215 para los STARs ISVAT y EDPUL. Se propondrá un corte para permitir que las Fuerzas Aéreas operen por debajo de estas altitudes en la parte sur, y hasta ilimitadas (UNL) en el resto de la zona, como se muestra en la figura siguiente:

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.40

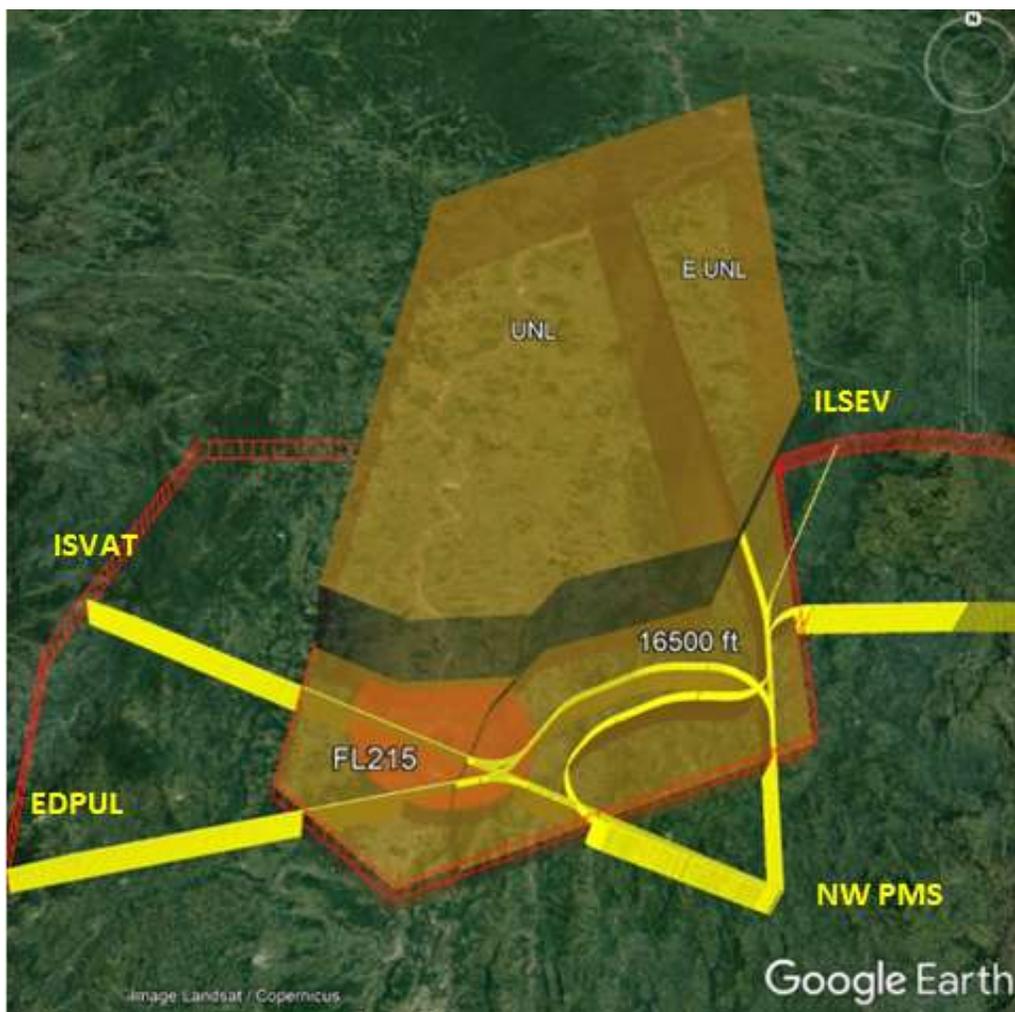


Ilustración 13: Propuesta de corte permanente en la parte sur de SKR 10
(fuente: Equipo Consultor)

Sin embargo, como el concepto desarrollado para el escenario 10 + muestra un espacio aéreo disponible hacia el oeste, una extensión del SKR 10 podría proponerse con el fin de equilibrar la pérdida de espacio aéreo en la parte sur. Las siguientes figuras muestran dos ejemplos de extensión (de terreno a ilimitado) al oeste:

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.41

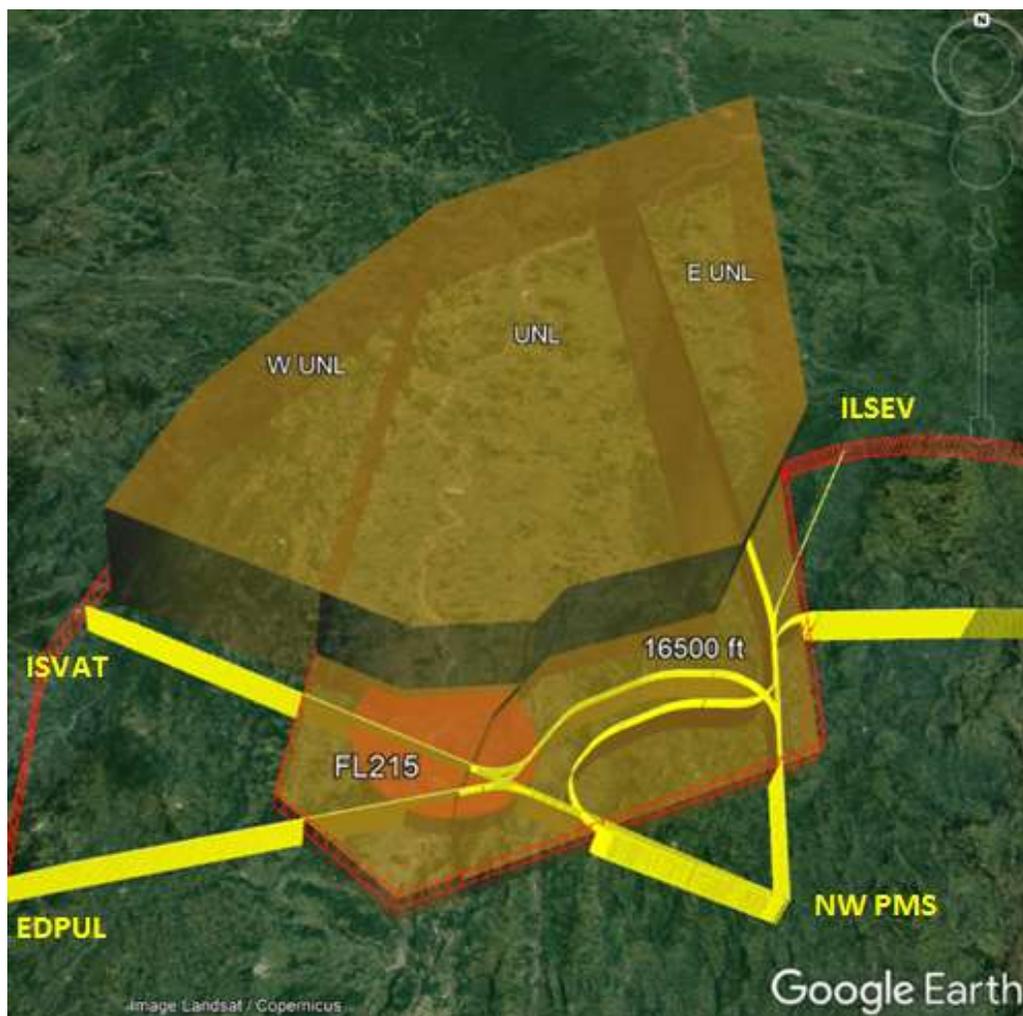


Ilustración 14: Ejemplo 1 de extensión al oeste de la actual SKR 10
(fuente: Equipo Consultor)

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.42

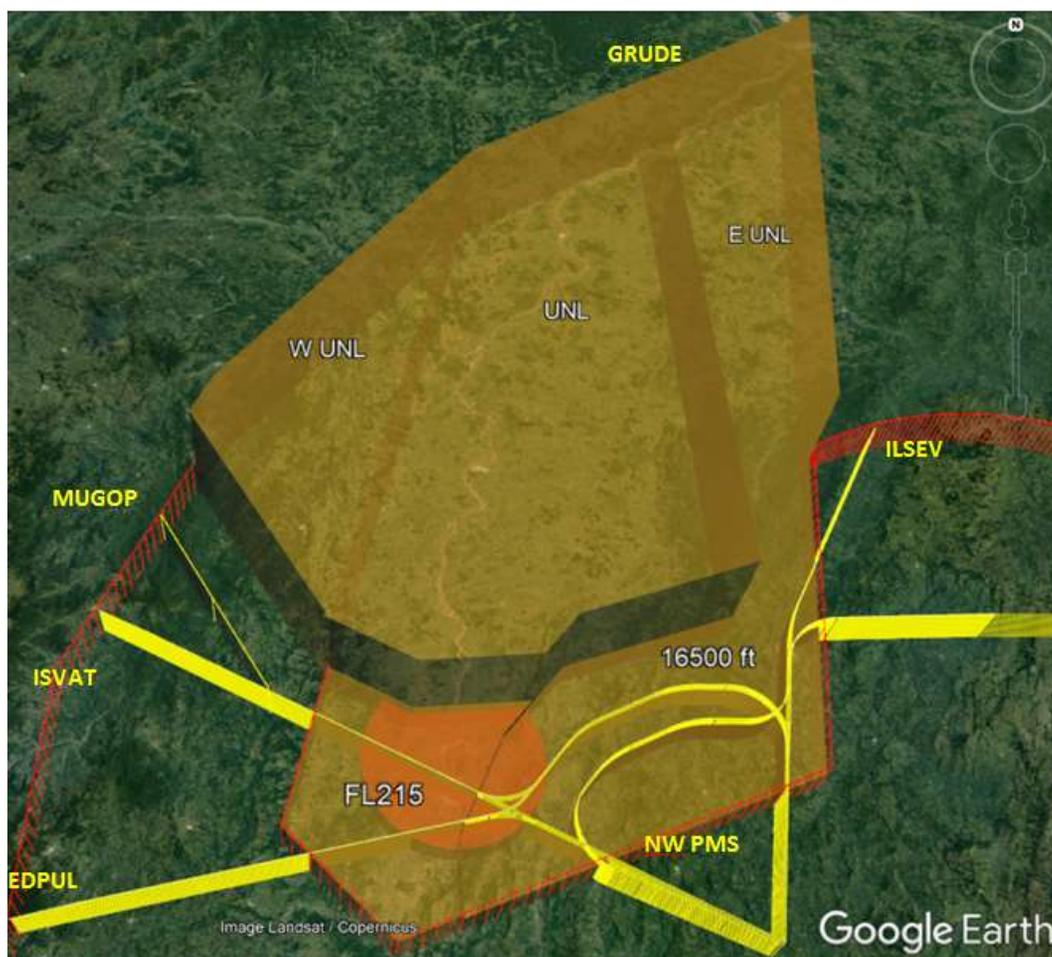


Ilustración 15: Ejemplo 2 de extensión al oeste de la actual SKR 10 (fuente: Equipo Consultor)

Nota: este último ejemplo muestra una extensión que permite la posibilidad de mantener el punto MUGOP fuera de la zona, aunque no se ha desarrollado ninguna llegada a través de MUGOP en el escenario 10+. Sin embargo, el punto MUGOP todavía se puede utilizar en el TMA de Medellín. Además, los controladores y empresas del TMA de Bogotá también podrían apreciar la posibilidad de acortar las llegadas procedentes del norte a través del ISVAT, ahorrando tiempo y consumo de combustible.

Estos ejemplos muestran diferentes posibilidades que deben ser estudiadas y negociadas entre las autoridades civiles y militares.

En lo que respecta a la parte oriental, se desarrolló una STAR CDR a través de GRUDE al PMS. La solución en ese caso sería la implementación de un uso flexible del espacio aéreo descrito en el párrafo siguiente.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.43

6.1.3 USO FLEXIBLE DEL ESPACIO AÉREO (FUA)

6.1.3.1 BLOQUES DE ESPACIO AÉREO

El principal objeto de la FUA es la planificación de actividades, dejando la prioridad a los usuarios militares y operaciones civiles cuando sea necesario y apropiado. En este estudio, se han identificado dos bloques de SKR 10 que podrían participar en este tipo de proceso.

Situación No 1:

No hay presión civil para los flujos que llegan a través del GRUDE y se da prioridad a las operaciones militares. El flujo civil podría continuar a través de ILSEV. La parte oriental completa del SKR 10 está totalmente dedicada a las operaciones militares, como se ilustra en la figura siguiente:

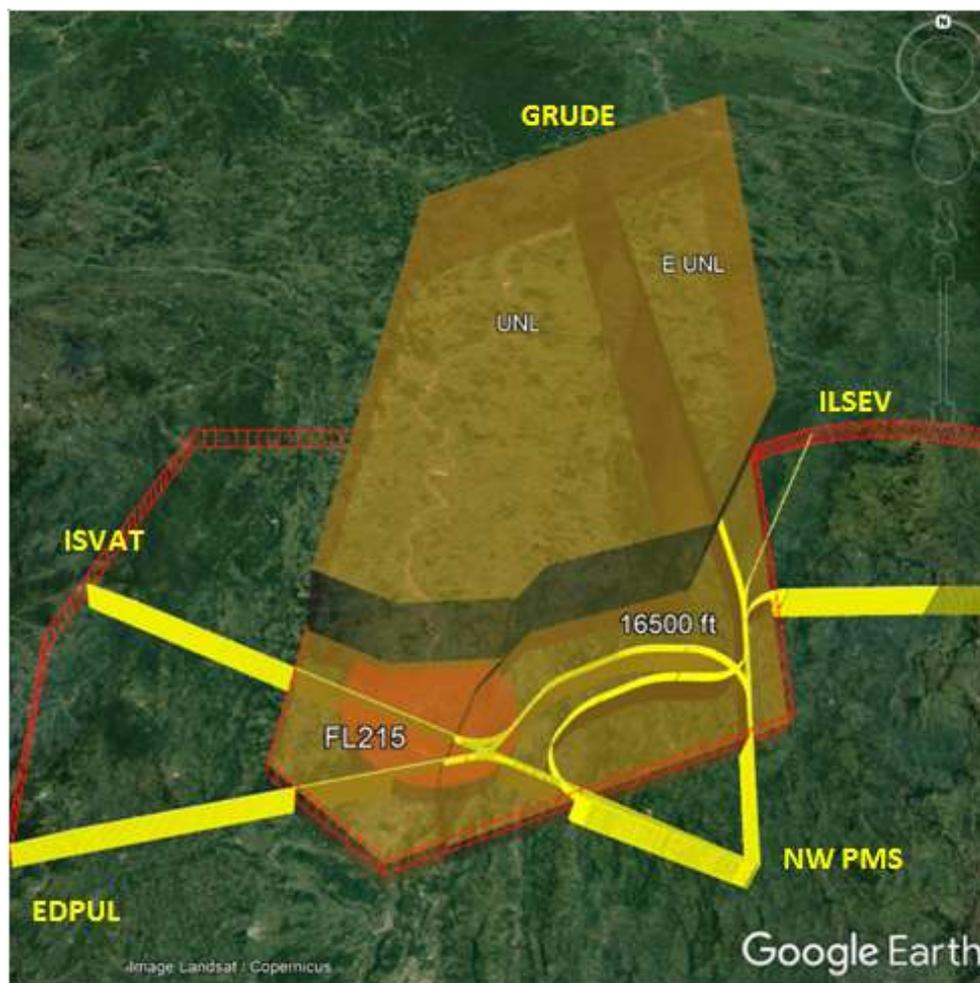


Ilustración 16: Parte oriental del SKR 10 totalmente dedicada a las operaciones militares (fuente : Equipo Consultor)

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.44

La misma situación se presenta con un ejemplo de extensión occidental en la figura siguiente:

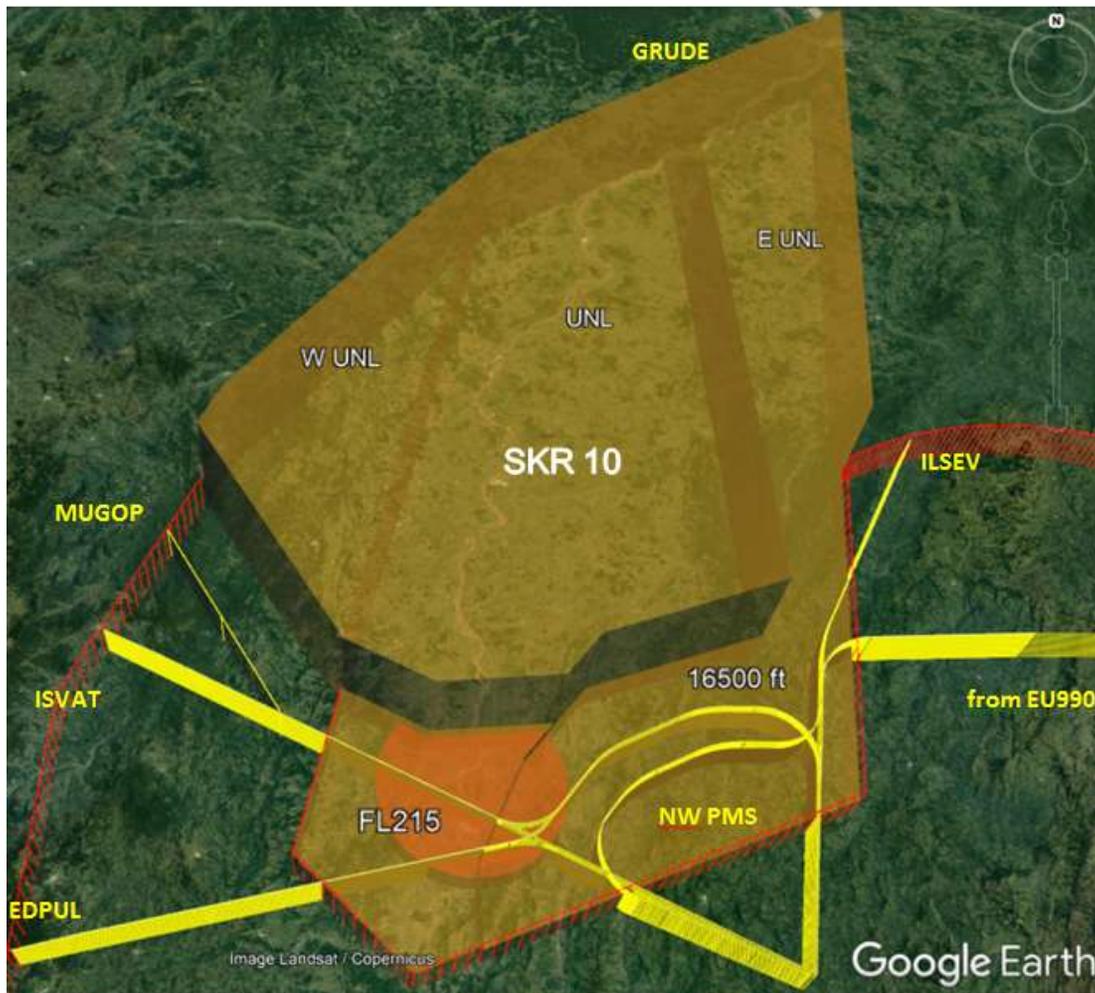


Ilustración 17: Parte oriental de SKR 10 totalmente dedicada a operaciones militares (y ejemplo de extensión en la parte occidental)
(Fuente: Equipo Consultor)

Situación No. 2:

La presión está aumentando debido a los flujos que llegan desde el norte, pero la actividad militar sigue siendo significativa. Se podría crear una pista en los niveles de vuelo superiores para permitir que este tráfico sobrevuele EL GRUDE y luego a lo largo del límite oriental del SKR 10 para unirse a la STAR ILSEV. Un bloque en forma de triángulo podría estar dedicado a operaciones civiles, por encima de un determinado FL (por determinar) como se muestra en la figura siguiente:

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.45

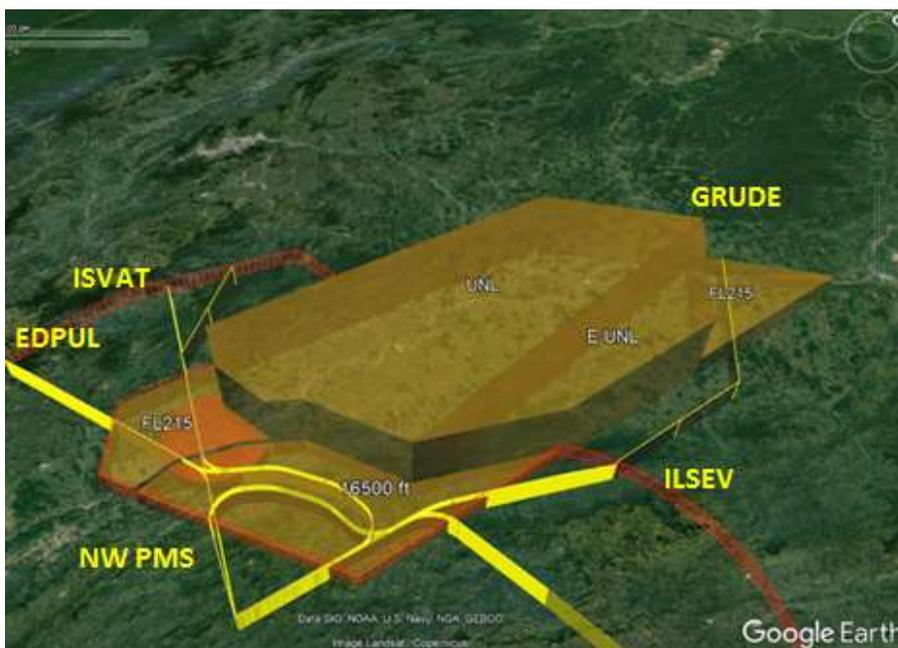


Ilustración 18: Bloque triangular en la parte oriental del SKR 10 dedicado a operaciones civiles (fuente: Equipo Consultor)

La misma situación se presenta con un ejemplo de extensión occidental en la figura siguiente:

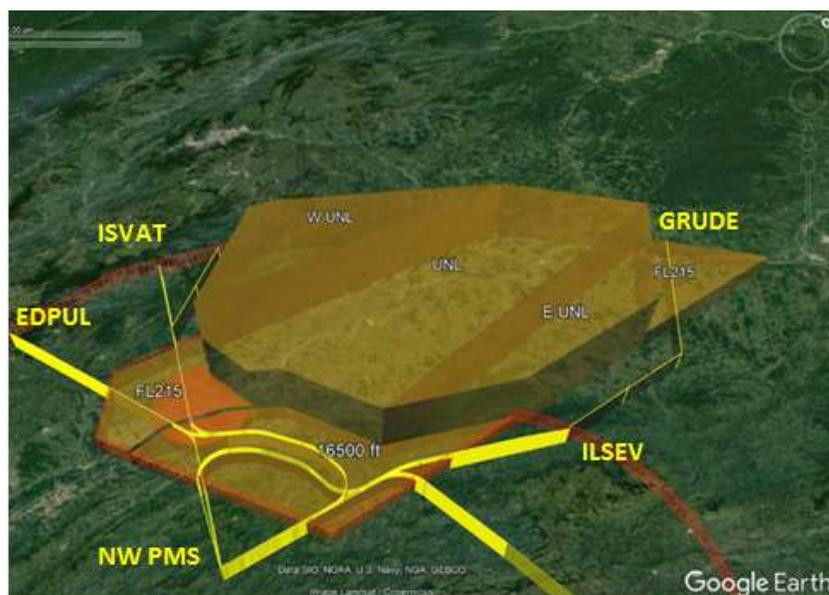


Ilustración 19: Bloque triangular en la parte oriental de SKR 10 dedicado a operaciones civiles (y ejemplo de extensión en la parte occidental) (fuente: Equipo Consultor)

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.46

Este triángulo permite un atajo para los aviones civiles, ahorrando así combustible, dejando que las operaciones militares ocurran en la mayor parte de la zona.

Situación No. 3:

La alta presión viene del norte, instando al ATS a abrir STAR GRUDE. Un bloque rectangular en la parte oriental de SKR 10 podría entonces ser dedicado a las operaciones civiles, mientras que los militares operan en el resto de la zona. La figura siguiente muestra esta situación:

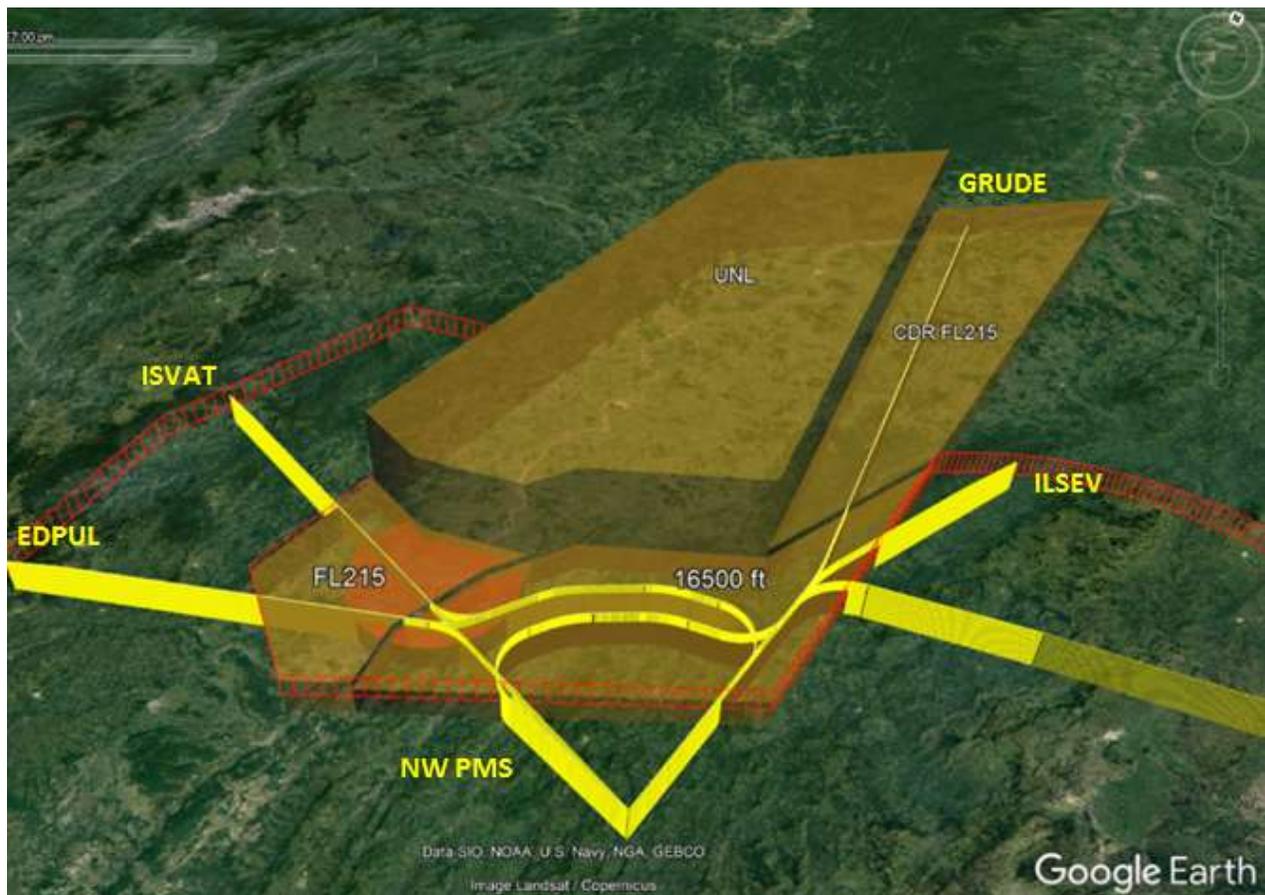


Ilustración 20: Bloque en la parte oriental de SKR 10 por encima de FL 215 dedicado a operaciones civiles a través de STAR GRUDE (fuente: Equipo Consultor)

La misma situación se presenta a continuación con un ejemplo de extensión occidental.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.47

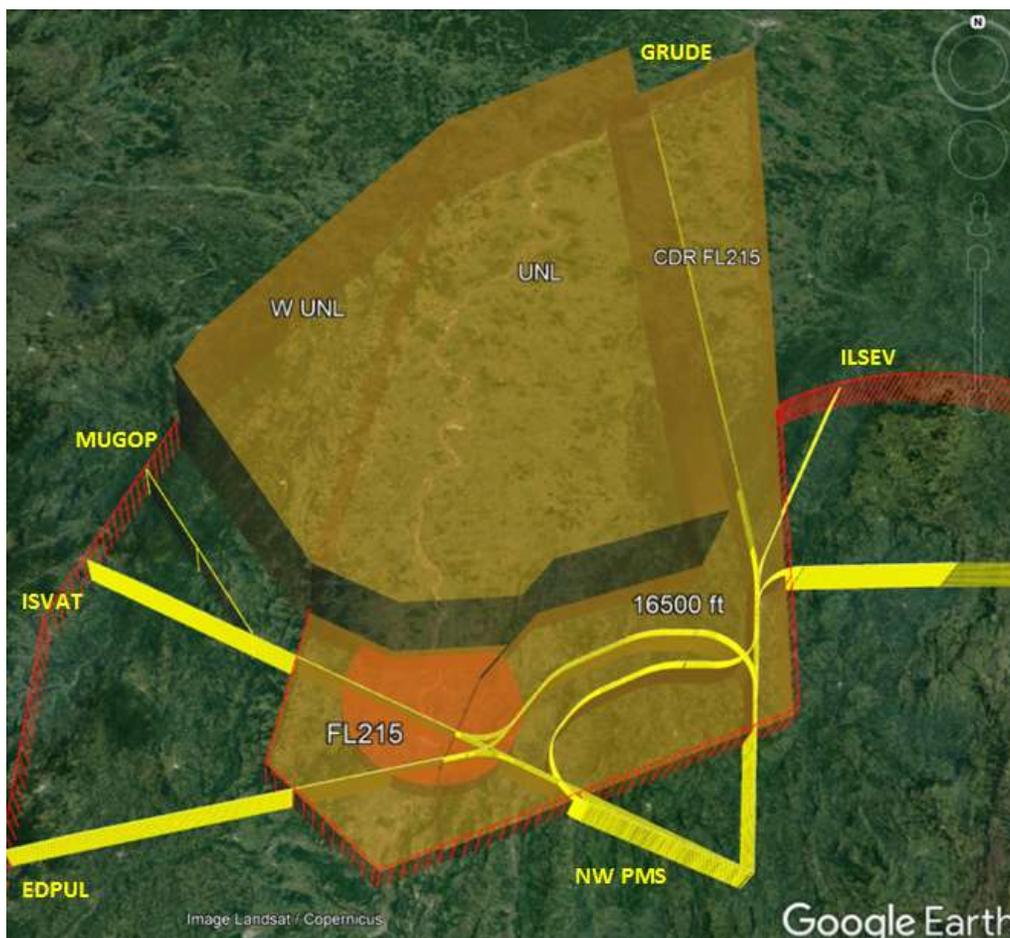


Ilustración 21: Bloque en la parte oriental de SKR 10 por encima de FL 215 dedicado a las operaciones civiles a través de STAR GRUDE (y ejemplo de extensión occidental) (fuente: Equipo Consultor)

Hay que tener en cuenta en estas 3 situaciones que una estrecha coordinación pre táctica entre las partes militares y civiles permite una programación de la actividad, permitiendo la prioridad a lo civil o a los militares como más conveniente.

El siguiente párrafo presentará en términos generales el concepto de FUA.

6.1.3.2 FUA

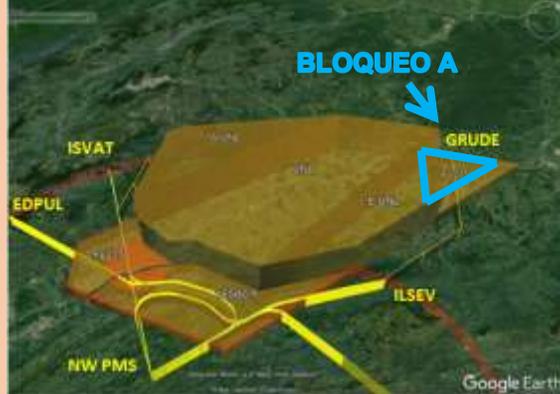
El principio básico de la FUA es permitir que la posibilidad a cada parte de las partes, civiles y militares, opere sus actividades y realice sus funciones. Sin embargo, una coordinación fina permite a cada lado desarrollar sus operaciones mientras tiene un impacto reducido en el otro.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.48

El primer paso es, por lo tanto, el resultado de una decisión política: cómo preservar por un lado las habilidades operativas y las actividades de la Fuerza Aérea, mientras que por otro lado apoya el crecimiento comercial provocado por el aumento del tráfico aéreo. Además, el impacto ambiental también desempeña un papel en la implementación de la FUA al permitir atajos de una manera más regular y de una manera predecible.

La posibilidad de entrar en una zona militar sobre la base de una coordinación táctica es una gran mejora. Puede ir más allá permitiendo la presentación de planes de vuelo a través de la zona, gracias a las coordinaciones estratégicas y pretácticas.

El personal decisorio de ambas partes debe definir un marco estratégico para sus actividades. En un segundo nivel, una fase pretáctica permite al personal operativo coordinar sus requisitos y preparar una tabla de asignación del espacio aéreo. Esta fase puede tener lugar el día antes de las actividades, presentando un cronograma en el que las operaciones se apoyarán. En cuanto al SKR 10, un ejemplo podría ser el siguiente:

	<p>Situación No. 1</p> <p>Zona completa (con ejemplo de extensión) dedicada a operaciones militares.</p>
	<p>Situación No. 2</p> <p>Zona completa (con ejemplo de extensión) dedicada a operaciones militares excepto BLOQUEO A, permitiendo que los aviones civiles sobrevuelen esta área.</p>

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.49



Ilustración 22: Ejemplo de bloques y extensiones para la aplicación FUA

Día xx/xx/202x (ejemplo)	Prioridad
00h00-05h00 (ejemplo)	
05h00-08h30	
08h30-10h00	
10h00-13h00	
etcétera	

Tabla1: Ejemplo de horario presentando en D día-1 las necesidades para el Día D

En el ejemplo anterior, publicado el día anterior a las operaciones, el SKR 10 completo está dedicado a operaciones militares de 10h00 a 13h00. Los aviones civiles tienen que pasar por alto la zona. De 05h00 a 08h30, el avión civil puede utilizar STAR GRUDE. Pero lo más importante, las compañías pueden planificar este STAR: de 05h00 a 08h30, los planes de vuelo a través de la llegada de GRUDE pueden ser presentados y aceptados.

En el Día D, las ranuras tienen que ser respetadas. Sin embargo, en cualquier momento, si la actividad militar es menor de lo esperado, los bloques pueden ser permeables al tráfico civil gracias a una coordinación táctica.

Los beneficios son múltiples con la posibilidad de presentar planes de vuelo por adelantado a través de GRUDE y entre ellos una mejor previsibilidad de la capacidad del espacio aéreo y la carga de trabajo del controlador y una mejor previsibilidad del consumo de combustible, sin obstaculizar las actividades militares.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.50

6.2 GESTIÓN DE FLUJO DE TRAFICO AÉREO (ATFM)

6.2.1 CAPACIDAD

El Anexo 11 (OACI) - Servicios de Tránsito Aéreo define la "capacidad declarada" como "la medida de la capacidad del sistema ATC o cualquiera de sus subsistemas o posiciones de operación para prestar servicio a las aeronaves durante las actividades normales. Se expresa como el número de aeronaves que entran en una porción específica del espacio aéreo en un período de tiempo determinado, teniendo debidamente en cuenta el clima, la configuración de la unidad ATC, el personal y el equipo disponibles, y cualquier otro factor que pueda afectar a la carga de trabajo del controlador responsable del espacio aéreo."

El Documento 4444 3.1.4 (OACI) - Gestión del tránsito aéreo establece que "la autoridad ATS apropiada debe revisar periódicamente las capacidades de ATS en relación con la demanda de tráfico" y "en caso de que (...) se hace evidente que la demanda de tráfico prevista excederá los valores de capacidad, la autoridad ATS apropiada debe, en la medida de lo posible:

- a) implementar medidas destinadas a maximizar el uso de la capacidad del sistema existente; y
- b) elaborar planes para aumentar la capacidad de satisfacer la demanda real o prevista."

El objetivo del estudio actual es evaluar escenarios en diferentes criterios y analizar su viabilidad en el marco del programa global de modernización del TMA de Bogotá, apoyando el crecimiento esperado del tráfico. Uno de los desafíos a enfrentar es la capacidad de los escenarios, y, en este caso, del escenario 10+ en particular, para absorber el crecimiento del tráfico, y así traer un aumento de la capacidad en el sistema ATC.

Con respecto a este aspecto y apoyándose en los reglamentos de la OACI, se llama la atención sobre la necesidad de establecer y declarar capacidades de aeródromo y espacio aéreo, y de revisarlas tantas veces como sea necesario.

Para evaluar un aeródromo o una capacidad de espacio aéreo, la experiencia de los controladores activos locales es un valor adicional. Como el Documento 4444, apartado 3.1. puntos destacados: la autoridad ATS apropiada debe evaluar la capacidad para definir el número máximo de vuelos que pueden acomodarse de forma segura. Los controladores en Bogotá se utilizan para trabajar con una cierta carga de trabajo que conocen bien. Una primera sesión de talleres podría permitir a expertos del ATC expresar sus sentimientos sobre esta carga de trabajo y deducir el número de vuelos por hora que responden a las recomendaciones de la OACI sobre la capacidad. Por segunda vez, varios meses de práctica podrían conducir a la evaluación de la capacidad previamente establecida durante los talleres. Si fuera necesario, las cifras podrían incrementarse, mantenerse o disminuirse y evaluarse de nuevo, hasta su validación. La capacidad podría ser declarada.

6.2.2 DEMANDA

La capacidad es más relevante en comparación con la demanda.

El documento 4444, apartado 3.2, estipula que "el servicio de gestión del flujo de tráfico aéreo (ATFM) se implementará para el espacio aéreo en el que la demanda de tráfico a veces supere la capacidad de ATC definida."

Por lo tanto, la unidad ATFM debe tener la posibilidad de recibir, registrar y estudiar la demanda que corresponde a la planificación de los operadores de aeronaves. Estos datos deben ser estudiados para evaluar la capacidad del ATC para hacer frente a la demanda. Se establecerá una estrecha coordinación entre la Unidad ATFM y la

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.51

sala de operaciones. A tal efecto, un lugar en la sala de operaciones junto al Supervisor podría estar dedicado a un gerente táctico de la ATFM de tal manera que las operaciones se pueden seguir frontalmente y las decisiones se toman de manera colegiada.

Cuando, por alguna razón, el ATS no puede hacer frente a una sobrecarga de tráfico o tiene que cadenciar la aeronave para absorber esta sobrecarga, tiene que informar a la unidad ATFM que implementará medidas.

6.2.3 MEDIDAS DEL ATFM

Las medidas ATFM deben llevarse a cabo en tres fases (doc. 4444, apartado 3.2.2):

- planificación estratégica (más de un día antes del día considerado, por lo general varios meses)
- planificación pretáctica (un día antes)
- operaciones tácticas (Día D).

El nivel estratégico (de varios meses a un año antes) permite planificar y tomar medidas para eventos repetitivos que ocurren cada mañana o cada año, por ejemplo, o un evento específico conocido de antemano.

El nivel pretáctico permite refinar la planificación estratégica y planificar las medidas el día antes del evento. También se utiliza para eventos específicos que no ocurren de manera regular, como el mantenimiento de un equipo, por ejemplo.

Las operaciones tácticas ejecutan y supervisan las estrategias establecidas en los niveles anteriores e implementan medidas que no necesitan o no se pueden planificar con antelación. Las malas condiciones climáticas son un ejemplo de situaciones que no se pueden predecir con precisión el día anterior: las medidas tienen que adaptarse el día en que se producen.

Las medidas se aplican para que la demanda se apegue a la capacidad. Las ranuras se pueden asignar a las aeronaves: al imponer un retraso a la salida, evitan que la aeronave sobrevuele un espacio aéreo sobrecargado o aterrizar en un aeropuerto sobrecargado. Las ranuras deben ser respetadas para que el tráfico sea suavizado a una curva regular. Estas medidas podrían tocar aeronaves que salen de otras regiones o países. Los acuerdos regionales o multilaterales deben apoyar el servicio ATFM.

La herramienta administradora de llegadas como AMAN y XMAN (AMAN extendido) se utilizan hoy en día con el fin de proporcionar un servicio más fino. El objetivo es involucrar a diferentes partes interesadas. Mediante la implementación del uso de AMAN, se pueden realizar algunas acciones en vuelos que suavizarán el pico de tráfico de llegada y aliviarán la carga de trabajo de los controladores en el TMA. El AMAN define el tiempo de llegada (TTA) una vez que la TWR ha establecido los diferentes valores en la herramienta, como la tasa de secuenciación, por ejemplo. El tiempo de llegada se transmite a través de la herramienta al ACC, dando el tiempo (en minutos) que la aeronave tiene que perder o mantener para llegar sobre un punto específico. El controlador en el ACC puede tener en cuenta esta información y asigna, si es necesario, una reducción de velocidad a la aeronave para mantenerse al día con el TTA.

Esta medida, considerada como una medida ATFM fina, es particularmente pertinente en el caso de las aeronaves que llegan de otros países o incluso de otros continentes. La acción recomendada por el AMAN se puede tener en cuenta en Bogotá ACC (o incluso más lejos con el XMAN) y con un ajuste de la velocidad en el primer contacto en el ACC, el impacto es visible en la secuencia a la llegada.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.52

AMAN y XMAN son herramientas de mejoras y están sujetas a mejoras en un futuro próximo. Por ejemplo, se han llevado a cabo experimentos en Europe para proporcionar la información XMAN hasta 350 Nm desde el destino.

Como resumen, para aplicar el escenario 10+, se cumplirán los siguientes requisitos o indicaciones:

- evaluación de las capacidades del aeródromo y del espacio aéreo (esta evaluación será completada por un equipo técnico local, incluidos los controladores locales calificados en la actividad);
- notificación de las capacidades declaradas a las unidades pertinentes (FMU y otras dependencias de ATS, por ejemplo);
- establecimiento de procedimientos operativos para la **FMU** (y descripción en un manual operativo; estos procedimientos incluirán el valor de las capacidades, cómo supervisarlas, el tipo de medidas que deben adoptarse y los acuerdos regionales o multilaterales); y
- **equipo** de la FMU con suficiente personal (incluidos los controladores de tráfico aéreo).

Además, se establecerá una estrecha coordinación entre el ATS y la FMU a fin de proporcionar operaciones eficientes y seguras.

7 SEGURIDAD OPERACIONAL

Las siguientes recomendaciones se basan en las recomendaciones de los documentos de referencia OACI sobre la gestión de la seguridad (DOC AN 19: Gestión de la seguridad Operacional, y 9859: Manual de Gestión de la seguridad Operacional), y en las observaciones in situ realizadas por el Consorcio entre mayo y noviembre de 2019.

Objetivos de seguridad

Es muy importante que la administración establezca objetivos de seguridad y rendimiento para fijar la dirección y las prioridades.

Oficina dedicada a la gestión de la seguridad, el rendimiento y la calidad

Esta oficina establece indicadores y los instrumentos necesarios, a fin de hacer un seguimiento de la vigilancia de los indicadores clave y el logro de los objetivos de seguridad.

La oficina dispondrá de instrumentos para facilitar la gestión de las estadísticas y propondrá medidas correctivas y preventivas para los incidentes más graves.

La oficina deberá celebrar reuniones periódicas con los usuarios del espacio aéreo y los gestores de los aeropuertos para comunicar y compartir los resultados.

La oficina deberá publicar informes mensuales de seguridad y rendimiento.

Recursos humanos

La AEROCIVIL deberá asignar recursos humanos calificados suficientes a la oficina de calidad de servicio para gestionar la cantidad de trabajo necesaria para recoger, analizar, clasificar, proponer medidas correctivas y preventivas, y luego hacer un seguimiento de esas medidas y alcanzar los objetivos de seguridad y de rendimiento de alto nivel del Centro.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.53

Informes de incidentes

Para mejorar la cultura de seguridad entre el personal para poder recoger todos los incidentes significativos, será necesario:

- Explicar claramente al personal por qué es esencial informar de cualquier incidente que implique un riesgo para la seguridad.
- Insistir en la importancia de detallar en el informe un máximo de elementos precisos y verificables que faciliten y optimicen la tarea de los colegas encargados del tratamiento y análisis del incidente.
- Invitar a los redactores del informe a que proporcionen sus nombres para que el equipo de análisis pueda ponerse en contacto con ellos si se necesitan más detalles y enviarles una respuesta personalizada.
- Recordar que el supervisor de la sala de control debe estar siempre informado de los incidentes que ocurran, ya que puede tomar medidas inmediatas. El supervisor debe firmar el informe y puede añadir comentarios. El supervisor debe rellenar el libro de registro de la sala de control con el incidente y la hora en que se presentó el informe.

Es necesario, para cualquier implementación de un nuevo sistema operacional, que el proveedor de servicios demuestre su capacidad para gestionar la garantía de seguridad: comparación entre los objetivos de seguridad y rendimiento y la realidad de la experiencia operacional.

También, empezar inmediatamente a trazar un mapa del estado del actual concepto de espacio con elementos estadísticos y analíticos ayudará al futuro equipo de seguridad local encargado del estudio del nuevo concepto de espacio que incluye el EDR II.

El establecimiento de esta oficina y el hecho de compartir sus actividades con la Autoridad Supervisora SSA facilitará la aplicación de procedimientos personalizados.

8 REGULACIÓN

En relación con las normativas aeronáuticas vigentes publicadas para la gestión del espacio aéreo y aeródromos colombianos, así como las actividades aeronáuticas, habrá que modificar diversas regulaciones y publicaciones o editar otras nuevas para cumplir con los requisitos detallados en el Escenario 10+.

8.1 ADAPTACIONES DEL MARCO REGULATORIO COLOMBIANO PARA ASEGURAR NUEVO CONCEPTO DE ESPACIO AÉREO

8.1.1 RNP AR 0.15

El desafío esencial para implementar el nuevo concepto de espacio aéreo es pasar a una situación en la que la gran mayoría de los aviones que vuelan en Bogotá TMA están equipados y están utilizando procedimientos RNP AR. Esto debería ser el resultado de una buena comunicación y promoción al comienzo del período de transición, seguido de un cambio claro en el marco reglamentario que exige a RNP 0,15 acceso al EDR I.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.54

Por lo tanto, las acciones de comunicación y promoción solas no pueden ser suficientes para empujar a los operadores de aeronaves a equipar su flota de manera homogénea a un nivel 0,15. RNP AR 0.3 es relativamente habitual en América del Sur, pero sólo unos pocos aeropuertos exigen su uso.

En el caso de la TMA de Bogotá, sería apropiada una estrategia que combinara una fase de comunicación y sensibilización seguida de algún mandato. Esta fase debe involucrar a todas las partes interesadas de esta evolución, incluidos los ATCO y el regulador, para garantizar la adhesión total a los nuevos principios y generar beneficios operativos e incentivos sobre los procedimientos RNP AR existentes.

La emisión de un mandato en una fecha determinada no debería ser un secreto, pero esta fase permitiría identificar posibles escenarios de aplicación y posibles obstáculos a los que tratar. El objetivo del mandato sería crear certidumbre sobre la transición a la RNP AR.

El mandato correspondiente debe centrarse en el acceso a EDR I, que requiere RNP AR 0.15 nivel de rendimiento.

8.1.2 ADS-B

El equipamiento ADS-B no debe ser un tema difícil: cuando se abra EDR II, Europa y Estados Unidos tendrán durante mucho tiempo ADS-B en sus respectivos espacios aéreos y todas las aeronaves deben estar equipadas. Sin embargo, puede ser apropiado un marco regulatorio claro que ordene a ADS-B en el espacio aéreo de Bogotá o Colombia.

8.2 CONTRIBUCIÓN A LOS DESARROLLOS REGULATORIOS DE LA OACI

La reciente publicación de normas para los sistemas de aterrizaje GBAS (Modificación 91 del Anexo 10 Vol. 1) de la OACI que permiten un rendimiento equivalente a ILS Cat III está abriendo un futuro muy prometedor en el caso de la TMA de Bogotá. De hecho, la combinación de RNP-AR, Radius Fixed, procedimientos y la instalación de una estación GBAS debería conducir lógicamente progresivamente a la implementación de aterrizajes simultáneos paralelos curvos en el futuro.

Al mismo tiempo, también se están desarrollando estándares RNP a XLS. En términos más generales, todos los progresos regulatorios en el dominio PBN, RNP beneficiarán en gran medida el desafío de actualización de la TMA de Bogotá.

AEROCIVIL tendrá que seguir y apoyar los desarrollos regulatorios de la OACI para aprovechar al máximo el beneficio de ellos. Es posible que el marco regulatorio colombiano deba evolucionar a lo largo de las nuevas normas para garantizar la participación operativa de las nuevas normas de la OACI.

8.3 MANUALES

Los manuales operativos, de formación y técnicos deberán actualizarse al nuevo espacio aéreo, la red de rutas y los procedimientos de vuelo diseñados en los aeropuertos BOGOTÁ TMA y PARA las pistas EDR I y EDR II.

La actualización de los manuales operativos deberá corresponder a las dos fases de implementación de los procedimientos de vuelo de llegadas y salidas en EDR I y EDR II.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	ENTREGABLE No. 6			
	EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.2	Fecha: 29/05/2020	Página 3.55

La actualización detallará la gestión operativa diaria del nuevo espacio aéreo, La red de rutas y los procedimientos de vuelo, los cambios en las Cartas de acuerdos, los cambios en los Procedimientos Operativos Estándar y se desarrollarán de manera coordinada entre las múltiples entidades interesadas que son 1) AEC, 2) BOGOTA ACC, 3) CENTRO de Control BOGOTA gestionando llegadas y salidas hacia/desde EDR I y EDR II, 4) EDR I y EDR II Centros de Control de Aeródromos, 5) EDR I y EDR II Autoridades Militares y 6). La gestión de las principales compañías aéreas que sirven a EDR I y EDR II puede participar en el proceso coordinado.

La actualización de los manuales técnicos incluirá la descripción de todos los cambios y la implementación de medios técnicos en apoyo de la gestión operativa diaria del ATC.

La actualización de los manuales de capacitación incluirá todos los cambios en los cambios operativos y técnicos detallados en los Manuales Operativos y Técnicos.

Todos los ATCO y ATSEP calificados en las entidades ATC interesadas (ACC/TMA/TOR) tendrán que ser capacitados para todos los cambios detallados en los Manuales Operativos y Técnicos, respectivamente.

Todos los manuales deben ser aprobados por las autoridades aeronáuticas interesadas.

8.4 CARTAS DE ACUERDO

Se promulgarán LOAs (Cartas de Acuerdo) actualizados o nuevos con el fin de instituir los métodos comunes de coordinación operativa entre:

- 1) Los sectores dentro de la BOGOTA TMA,
- 2) El BOGOTÁ TMA y el TMA adyacente, 3) el Control del Aeródromo BOGOTÁ TMA y EDR I,
- 3) El Control del Aeródromo BOGOTÁ ATM Y EDR II, y
- 4) El BOGOTÁ TMA y el BOGOTA ACC

tendrán que ser promulgados y disponibles en el de la TMA y del ACC de BOGOTÁ.

Las fases de implementación tendrán que ser consideradas para los cambios y la actualización.

8.5 PROCEDIMIENTOS DE OPERACIONES ESTÁNDAR

Los nuevos SOPs (Procedimientos Operativos Estándar), deben ser aprobados por el Jefe de Operaciones para ser la regla en términos de operaciones en el Centro de Control BOGOTA y todas las entidades relacionadas (ACC/TMA/TBR).

8.6 AIP

El AIP (Publicación de Información Aeronáutica) colombiano debe actualizarse teniendo en cuenta las dos fases de implementación para la gestión del espacio aéreo BOGOTÁ TMA y las operaciones EDR I y EDR II. El sistema AIC y NOTAM se utilizará para la información de los usuarios.