



**OACI**

Organización de Aviación Civil Internacional  
Oficina para Norteamérica, Centroamérica y Caribe

## **Proyecto para Desarrollar Material de Orientación para Mejorar la Resiliencia de los Servicios de Navegación aérea en la Región del Caribe**

*Aspectos a Considerar Para  
Mejorar la Resiliencia de los Sistemas de Navegación Aérea*

*Preparado por:*

**Sr. Silvio J. Michelena Álvarez, Cuba**  
**Sr. Pablo A. Luna Servellón, COCESNA**

Noviembre de 2023

# ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

## Contenido

<b>Introducción</b> .....	2
<b>Compromiso de la gerencia</b> .....	2
<b>Análisis de las principales causas que pueden ocasionar una reducción significativa de la seguridad operacional en una unidad ATS</b> .....	2
<b>Aspectos relacionados con la infraestructura de la unidad ATS y servicios brindados por terceros</b> .....	3
<b>Fallas en los sistemas de energía</b> .....	3
<b>Fallas en los sistemas de climatización</b> .....	5
<b>Fallos en la infraestructura de los sistemas de comunicaciones</b> .....	6
<b>Otras fallas de infraestructura a tener en cuenta pudieran ser:</b> .....	7
<b>Aspectos vinculados a la provisión de los servicios CNS del ANSP</b> .....	9
<b>Fallas en los sistemas de comunicaciones que tributan al ATS</b> .....	10
<b>Fallas en los sistemas de vigilancia que tributan a unidades ATS</b> .....	13
<b>Fallas en los sistemas de ayudas de radio a la navegación aérea</b> .....	16
<b>Otros aspectos que pueden ocasionar contingencias en las unidades ATS</b> .....	17

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

### Introducción

La resiliencia de las unidades ATS depende de un grupo de medidas tecnológicas y organizativas. La experiencia práctica permite conocer que existe una contradicción entre la propuesta de medidas adicionales a las existentes que eleven la seguridad de las operaciones y el costo que implica para los ANSP la implementación de tales medidas que gravitarán sobre los gastos de la organización. Esa contradicción siempre debe ser analizada por los directivos de cada ANSP y buscar un punto de equilibrio que permita garantizar la seguridad de las operaciones aéreas, con costos que sean razonablemente adecuados.

### Compromiso de la gerencia

La preparación e implementación de arreglos de contingencias requiere un esfuerzo muy bien coordinado por parte del proveedor de servicios ATS, que normalmente involucra toda la Organización. Para esto, es una condición esencial contar con el compromiso de la gerencia del ANSP.

La declaración por parte del máximo ejecutivo de la Organización, con respecto a su compromiso con la asignación de los recursos necesarios, para preservar la seguridad y la continuidad de las operaciones con base a la implementación sistemática de procedimientos para la gestión del riesgo puede resumirse en una política de contingencia.

### Análisis de las principales causas que pueden ocasionar una reducción significativa de la seguridad operacional en una unidad ATS

La práctica de las experiencias negativas registradas nos conduce a apreciar que las causas principales en la mayoría de los sucesos que ocasionan reducciones de la seguridad en los servicios de tránsito aéreo, hasta llegar a condiciones de contingencia extrema (ATC0), pueden verse agrupadas de la siguiente manera:

- I- **Aspectos relacionados con la infraestructura de la unidad ATS y servicios brindados por terceros.**
- II- **Aspectos vinculados a la provisión de los servicios CNS del ANSP**
- III- **Otros aspectos**

Los aspectos asociados con la infraestructura de la unidad ATS y los servicios recibidos de terceros generalmente han sido la causa principal de afectaciones al ATS, tanto o más que los aspectos vinculados a la provisión de los servicios CNS. En este material analizaremos ambos aspectos y las acciones para mejorar la resiliencia del sistema. Muchas de las principales medidas para disminuir las afectaciones tecnológicas deben ser analizadas e implementadas desde la etapa de la planificación de la inversión. Tomar acciones para el aseguramiento de la infraestructura de una unidad ATS, después que está funcionando, es posible, y muchas veces, impostergable, pero la ejecución de tales acciones en una unidad ATS en funcionamiento por 24/7, conlleva una ejecución exquisita y riesgos que deben ser gestionados durante la implementación de tales medidas.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

### Aspectos relacionados con la infraestructura de la unidad ATS y servicios brindados por terceros

#### Fallas en los sistemas de energía

Las fallas en los sistemas de energía provocan que, aunque se cuente con el equipamiento más caro y confiable del mundo, los servicios ATS pueden ser seriamente afectados si no se han tomado las más detalladas medidas para el aseguramiento de la energía. **Sin energía confiable e ininterrumpida no hay servicios.**

#### Elementos a considerar para el aseguramiento energético de una unidad ATS.

- 1.1- Valorar si su proveedor de energía industrial le puede brindar servicio desde dos subestaciones eléctricas cercanas o le puede trasladar esta energía por dos vías independientes a un costo adecuado.
- 1.2- Cualquiera que sea la respuesta, es muy importante que en el nodo eléctrico principal de su unidad ATS cuente con dos grupos electrógenos, con conmutación automática y con una capacidad de potencia, dimensionada de forma tal, que uno solo de esos dos grupos sea suficiente para respaldar la carga eléctrica de los servicios, incluyendo los sistemas de climatización a los locales tecnológicos y la sala de los controladores.

Contar con dos grupos electrógenos y la automática requerida permite la continuidad del servicio ante fallas de uno de los dos grupos y durante los períodos en que uno de los dos grupos se encuentra en mantenimiento y debe ser bloqueado su arranque por medidas de seguridad. **Ya sea un servicio contratado a un tercero o responsabilidad de un empleado de la organización, esa persona no estará disponible de manera instantánea. En el contrato con un tercero o con un empleado de su organización debe considerar los tiempos de respuesta ante tales sucesos.**

- 1.3- La continuidad del servicio de energía eléctrica a partir de grupos electrógenos de respaldo es particularmente importante durante las contingencias por fenómenos naturales como huracanes, u otros de naturaleza humana, que pueden llevar a períodos muy prolongados de trabajo con la energía eléctrica de respaldo en los que debe mantenerse una estricta vigilancia de las existencias de combustible y los períodos del necesario mantenimiento y rotación de los grupos de respaldo.
- 1.4- Los sistemas tecnológicos automatizados actuales trabajan con medios de cómputo que requieren alimentación eléctrica garantizada, con 0 tiempo de

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

interrupción. Una falla de electricidad por unos segundos puede generar el reinicio complejo de los sistemas que pueden tardar varios minutos.

Esta realidad impone que, en las unidades ATS, la energía de los sistemas automatizados y de comunicaciones debe ser garantizada con sistemas de respaldo de energía ininterrumpidos (UPS).

Por tanto, se requiere que existan, al menos, 2 UPS con capacidad tal, que uno solo de los dos UPS pueda gestionar la carga total de los sistemas automatizados y de comunicaciones de la unidad ATS.

En los UPS debe ser dimensionado también el tiempo de trabajo de los UPS, o sea, el tiempo de respaldo. La acción de los UPS no consiste en sustituir los grupos electrógenos, sino mantener el equipamiento en servicio en tanto se realiza la conmutación desde la red industrial al trabajo del grupo electrógeno, considerando que el grupo pudiera tener algún problema en el arranque automático y requerir de intervención técnica para el arranque manual. Un criterio práctico pudiera ser que los UPS tuvieran una capacidad de respaldo por un término de 30 minutos- 1 hora.

Otro aspecto a tener en cuenta es que los equipos críticos del nodo principal informático (dígase servidores y equipos de red, switches y routers) deben contar con doble fuente de alimentación eléctrica, de forma tal que, ante la falla de alguna fuente de equipamiento crítico, el servicio se mantenga. Se entiende por equipamiento crítico aquel equipamiento que provoca una afectación muy significativa del servicio por una falla simple.

- 1.5- Otro aspecto es que la distribución eléctrica (cableado) entre los grupos y los UPS y entre los UPS y las cargas de los equipos a respaldar debe ser duplicada. **No se deben tener las cargas a respaldar dependiendo de un solo desconectivo o cable eléctrico, que puede apagarse o presentar algún tipo de problema ocasional.**
- 1.6- Por último, existe una configuración de última defensa que consiste en que los equipos de comunicaciones, dígase los radios, la telefonía y el VCSS, se alimenten de corriente directa (DC), o sea con baterías.

Ventajas del respaldo eléctrico en DC:

- a) La acumulación de energía en baterías, solo para los equipos de comunicaciones, permite un mayor tiempo de trabajo ante interrupciones imprevistas relacionadas con la energía en AC.
- b) Las baterías se instalan próximas a los equipos de comunicaciones, por lo que disminuye el riesgo en el cableado.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- c) Ante situaciones de emergencia, aunque se haya perdido toda la vigilancia, mantener las comunicaciones es vital para poder gestionar la emergencia y mitigar sus consecuencias.

### Fallas en los sistemas de climatización

La experiencia práctica ha advertido que se tiende a minimizar la criticidad de los sistemas de climatización en las unidades ATS y se ha apreciado que pudiera ser la segunda causa principal de las afectaciones totales de los servicios, llegando a provocar afectaciones de ATC0.

Tenga en cuenta que las salas de control de tránsito aéreo son salones cerrados, sin ventanas y con puntales de techo relativamente poco altos donde existe mucho equipamiento con desprendimiento de calor y también una cantidad de personas, con horarios frecuentes de descanso y con necesidades de ventilación suficiente para su respiración. La opción de ventiladores puede ser molesta para el trabajo, no ocasiona temperatura de confort a los controladores y provoca ruidos indeseables en la sala.

Por otra parte, todos los equipos tecnológicos actuales, desde los UPS, hasta los nodos de comunicaciones y los nodos informáticos disipan una alta carga térmica, que los obliga a trabajar permanentemente con sistemas de climatización.

Además, todos los sistemas de climatización requieren un intercambio de aire fresco con el exterior que puede ocasionar que se traigan al interior de la sala de control gases provenientes de un incendio en el exterior o en alguna otra zona del edificio, incendio que pudiera ser pequeño y localizado, pero cuyos gases afecten la salud de los controladores.

Por otra parte, un escape de gases de alguna fuente o la impregnación de productos químicos para impermeabilización o pinturas en las cercanías o el techo del edificio puede provocar un efecto indeseado que ocasione riesgos en las unidades ATS.

2.1- Ningún sistema de climatización en unidades ATS debe ser sencillo. Aunque sea un sistema de climatización centralizado, debe estar compuesto por varias máquinas y estar al menos, duplicado, para el local de controladores y las salas de equipamiento tecnológico crítico.

2.2- La distribución del aire climatizado y el aire fresco del exterior y del retorno del aire caliente debe estar soportada en conductos con capacidad de regulación (automática o manual) de los flujos que permita poder cerrar ese canal de distribución de aire climatizado o fresco del exterior, en caso de necesidad.

2.3- Acorde a la consideración de los costos, en los locales tecnológicos del equipamiento crítico, debe planificarse un equipamiento de climatización

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

independiente de los sistemas de climatización centrales, si esa es la solución de clima del edificio.

2.4- En la medida de lo racional, se puede planificar la ubicación de los locales de equipamiento tecnológico cercanos a las paredes exteriores del edificio e instalar conductos con extractores de aire para la extracción del aire caliente de estos locales, en caso de falla total del equipamiento de climatización.

2.5- Por último, valore el riesgo de que el sistema de climatización no pueda trabajar por causa de fallas de la alimentación eléctrica. En esta valoración, estudiar si es racional aumentar la capacidad de UPS para brindar energía de respaldo, por un tiempo, a sistemas de climatización locales en los cuartos tecnológicos que pudieran afectarse ante rápidos aumentos de la temperatura por falta de climatización.

### **Fallos en la infraestructura de los sistemas de comunicaciones**

Este punto se refiere a fallos en la infraestructura de comunicaciones que una compañía externa está brindándole al ANSP. De nada vale tener el equipo mejor y más costoso del mundo si nos quedamos incomunicados con el mundo exterior.

Para ello, desde la etapa de planificación se pueden prever varias medidas:

- 1- Valore si puede contratar los servicios de comunicaciones a más de un proveedor de comunicaciones local o si pueden entregarle los servicios con tecnologías diferentes.
  - a) Traer a la unidad ATS los servicios de comunicaciones por cables soterrados, en fibra óptica o en cables de cobre, o aún mejor, en ambas formas.
  - b) Traer a la unidad ATS los servicios de comunicaciones por más de un soterrado de comunicaciones.
  - c) Traer los servicios de comunicaciones por radioenlace o por fibra óptica, o sea, por más de un soporte de comunicaciones.
  - d) Traer las comunicaciones mediante enlaces analógicos y enlaces digitales. Aunque todas las tecnologías de comunicaciones están migrando al ambiente digital, que es menos costoso y más eficiente, si el proveedor de comunicaciones puede mantener algunos servicios en ambiente analógico, esto representa para el ANSP que tendrá sus comunicaciones respaldadas.
  - e) En donde sea posible, y las unidades ATS se encuentren en el área de los aeropuertos, coordine con el operador aeroportuario los diferentes puntos de acceso que el proveedor local de comunicaciones puede disponer para mantener vital sus servicios a ambas organizaciones.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

Cada una de las variantes de servicios de comunicaciones debe ser valorada con su proveedor en cuanto a acuerdos de calidad de servicios (SLA), costos y lo que representan esos servicios en cuanto a vitalidad para su unidad ATS.

- 2- Otra buena práctica que se hace en los Estados de nuestra Región: La comunicación VSAT elimina la dependencia de la unidad ATS de los proveedores de servicios de comunicaciones locales para las comunicaciones entre ANSP. En la medida de lo racionalmente posible, mantener algunos servicios de comunicaciones para contingencia por VSAT es una buena medida. Disponer de la comunicación VSAT lo más cercana a la unidad ATS aumenta la confiabilidad del servicio. De lo contrario, se corre el riesgo de hacer inútil la medida.
- 3- Valore instalar mástiles de comunicaciones con antenas, si se dispone de espacio en las inmediaciones de la unidad ATS o en la azotea, que le permita contar con equipos para las comunicaciones por radio VHF o receptores ADS-B, lo cual le brinda una ventaja añadida para la vitalidad de su unidad. Generalmente, los centros de control de área están cercanos a la ubicación del principal aeropuerto del país por lo que estos medios brindan una cobertura adecuada en el espacio aéreo cercano al principal aeropuerto del país.
- 4- Analice ubicar estos medios en alguna instalación cercana, con línea de visibilidad directa y gestionar esas comunicaciones con un radioenlace propio si no tiene las condiciones de espacio o geográficas para tener los medios de comunicaciones VHF o de vigilancia en las cercanías de la unidad ATS,
- 5- Por último, contar con un servicio de telefonía comercial, común, ya sea por telefonía fija, celular o satelital y con un servicio de Internet público puede ser una solución poco costosa que le resuelva un grave problema ante fallas totales de las comunicaciones en su unidad ATS. Esta es una medida que puede ayudarle a mitigar los efectos de una contingencia seria.

### **Otras fallas de infraestructura a tener en cuenta pudieran ser:**

- a) Afectaciones estructurales del edificio, incluyendo goteras o filtraciones que puedan afectar las operaciones en la unidad ATS. No permita tuberías hidráulicas o goteras por encima del equipamiento tecnológico o los puestos de los controladores.
- b) Emergencias sanitarias debido a problemas en las redes hidráulicas o de saneamiento en una instalación con alta concentración de personas. Un cese de servicios sanitarios a los controladores puede convertirse en una contingencia seria.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- c) Activación ocasional de los sistemas de extinción contra incendios puede ocasionar un serio problema a los servicios ATS.
- d) La revisión de aspectos relacionados con la seguridad física y protección de la instalación son temas de infraestructura que deben ser atendidos.

Todas estas posibles situaciones negativas deben ser consideradas en los planes de contingencia, y deben tenerse en cuenta, incluso desde la etapa inversionista de la instalación como posibilidades a enfrentar en algún momento.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

### Aspectos vinculados a la provisión de los servicios CNS del ANSP

La redundancia en el equipamiento CNS es vital para la correcta provisión de los servicios ATS.

Un equipamiento redundante reduce de manera significativa la probabilidad de afectación de los servicios que presta. En general, todo el equipamiento CNS debe estar, al menos duplicado, o sea, contar con un equipamiento principal, un equipamiento de reserva y un dispositivo de monitoreo y supervisión que permita conmutar, de manera manual o automática, si existieran problemas en su funcionamiento.

Sin embargo, para la provisión de servicios ATS no se trata solo de contar con equipamiento redundante, ya que estamos hablando de servicios críticos, por lo que debe preverse también servicios redundantes, en función del objetivo de minimizar la probabilidad de ocurrencias de contingencias debido a fallas del equipamiento.

Entonces estamos hablando, por ejemplo, de tener redundancias en:

- Multiplicidad de sitios desde donde se brinden los servicios CNS. Esto evita que una falla en un sitio provoque una falla total pues el servicio se puede brindar desde otro sitio, de manera total o degradada, en dependencia del servicio que se trate.
- Multiplicidad de fuentes de energía para cada instalación
- Multiplicidad de canales de comunicación, especialmente para los servicios de Comunicaciones y Vigilancia, que requieren estar disponibles para los controladores.

Los indicadores de gestión del CNS definen que la gestión de soporte se puede medir, tanto por servicios prestados, como por las instalaciones prestadoras.

Existe un indicador básico de sucesos que representa la relación entre el número de sucesos que afectan una instalación, el efecto causado sobre el servicio ATS y la cantidad de instalaciones para asegurar el servicio.

Este indicador permite brindar una imagen del nivel de seguridad alcanzada por el CNS para los servicios ATS.

Basados en estos conceptos, y por supuesto, en criterios de valoración económica (relación costo/beneficio) se diseñan los sistemas CNS, partiendo siempre de que los equipos deben ser redundantes y a prueba de fallas simples.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

### **Fallas en los sistemas de comunicaciones que tributan al ATS**

#### **2.1- Fallas en los sistemas de comunicaciones de radio (comunicación tierra-aire).**

Los sistemas de radio VHF para las comunicaciones controlador-piloto son el soporte básico para el control ATC. **Sin ellas, es imposible el ATC.**

#### **Aspectos a tener en cuenta para mantener la vitalidad de las comunicaciones tierra-aire para el ATC.**

2.1.1- Debe preverse que las estaciones de radio para un sector de área o TMA se encuentren en más de una instalación y cuente con una adecuada sobre-cobertura, que permita mantener el servicio, aunque exista falla de comunicaciones en una de las instalaciones.

2.1.2- Deben preverse frecuencias de reserva o frecuencias secundarias para un sector de área o TMA para pasar a trabajar con ellas cuando la frecuencia principal de trabajo no esté disponible.

2.1.3- La selección del lugar para la instalación de equipamiento de radio VHF debe tener en cuenta las facilidades de energía del lugar, incluyendo la energía de respaldo en AC y DC, las facilidades disponibles con el proveedor de comunicaciones local y la seguridad del sitio ante la posibilidad de hechos vandálicos, entre otros.

2.1.4- Un aspecto a tener en cuenta es que el equipamiento de radio pueda trabajar, tanto con tecnologías de comunicaciones analógicas como con radios que soporten los nuevos standards de comunicación VoIP (ED-137). Esto posibilita contratar al proveedor de comunicaciones local más de un sistema independiente de comunicaciones (analógico y digital).

#### **2.2- Fallas en los sistemas de comunicaciones orales fijas (comunicación tierra-tierra, entre dependencias ATS).**

Para el ejercicio del ATC "sin costuras" se requiere una transferencia de control efectiva entre dependencias ATS. Esta transferencia de control será más crítica a medida que las mínimas de separación sean menores en espacios de alta densidad de tráfico.

2.2.1- Una medida efectiva, implementada entre los Estados de la Región NAM/CAR, ha sido la contratación de un sistema de comunicaciones VSAT entre los ANSP de la Región, el conocido proyecto MEVA. Esto ha hecho las comunicaciones fiables e independientes de los proveedores de comunicaciones locales. Estas VSAT no deben estar en instalaciones lejanas a las unidades ATS

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

pues pierden su principal ventaja si requieren de comunicaciones entre la VSAT y la unidad ATS brindada por un tercero.

2.2.2- En el interés de contar con la mayor confiabilidad posible para las comunicaciones fijas, planificar diversas tecnologías para las mismas puede ser una medida efectiva y de costos adecuados. En ese caso se puede negociar con los proveedores de comunicaciones establecer servicios tanto por vía analógica como por vía digital (VoIP) sin detrimento de los requerimientos necesarios para las comunicaciones entre ANSP en cuanto a formas de señalización y tiempos de respuesta.

2.2.3- Además, la organización de las comunicaciones orales de contingencia entre unidades ATS, soportadas en las comunicaciones telefónicas comerciales, permite a los controladores disponer de una forma económica de mantener la vitalidad de este servicio, si estas comunicaciones están disponibles en los puestos de los controladores.

### **2.3- Fallas en los sistemas de comunicaciones orales para los controladores (VCCS).**

Para el ejercicio del ATC, la comunicación oral es imprescindible. Todas las comunicaciones orales confluyen en un sistema, denominado VCCS, que es quien ordena y permite la comunicación entre el controlador y cualquier corresponsal de la información, sea fijo o móvil. **Por tanto, el VCCS es un punto esencial, a considerar, en toda la organización de las comunicaciones y sus contingencias.**

#### **Aspectos a tener en cuenta para la selección de un VCCS confiable:**

2.3.1- El VCCS escogido debe estar libre de puntos de falla simples que comprometa su trabajo. O sea, no es admisible que una falla simple ponga de baja el conjunto. **Esto obliga a un diseño duplicado del equipamiento del nodo central, desde la red hasta los equipos activos, incluyendo el equipamiento informático y la estación de mantenimiento y configuración.** La doble red debe llegar hasta las estaciones de trabajo.

2.3.2- El VCCS escogido debe tener capacidad de trabajar, tanto en las frecuencias como las comunicaciones fijas, por la vía analógica tradicional y por la vía digital. La comunicación analógica, más cara en la actualidad y de menor calidad, sigue siendo un recurso importante para mantener la vitalidad de las comunicaciones pues es menos probable la ocurrencia de fallas totales, debido a su propia naturaleza.

2.3.3- La red de comunicaciones, externa al VCCS, debe permitir la comunicación entre el VCCS y los radios VHF que soporten el protocolo ED-137 y entre el VCCS

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

y los dispositivos de conmutación telefónica VoIP, usualmente basados en los protocolos ASTERISK, de las diferentes unidades ATS.

2.3.4- Los radios VHF, conectados a la red mediante protocolos digitales ED-137, deben estar configurados para ser conectados, de manera inmediata, a otras unidades ATS, que actúen como contingencia ante fallas totales en una determinada unidad ATS. Esta configuración de contingencia debe ser comprobada sistemáticamente, para tener la seguridad que puede ser utilizada en el momento que se le necesite.

### **2.3.5- Para el funcionamiento del VCCS:**

2.3.5.1- Los equipos activos de red o servidores deben contar con doble fuente de alimentación y estar conectados en doble red.

2.3.5.2- La red externa debe estar conectada al VCCS por más de un punto de conexión.

2.3.5.3- La alimentación eléctrica debe ser suministrada al VCCS por más de un desconectivo, a partir de UPS, y adicionalmente, tener la posibilidad de conectar el VCCS a una fuente de respaldo de DC (baterías) suficientemente dimensionada.

2.3.6- Por último, evalúe los costos asociados a implementar un sistema de comunicaciones de emergencia, independiente del VCCS principal, que permita al controlador, mediante una acción muy rápida, conectar su headset o micrófono a un dispositivo terminal o caja de conexión, que se comunique con los radios directamente, por vía digital, ante fallas del VCCS.

### **2.4- Fallas en los sistemas de redes de datos y de mensajería aeronáutica (AFTN/AMHS).**

La automatización de los procesos vinculados al CNS/ATM ha provocado una gran dependencia de la automatización y las redes de datos. Esto implica que el funcionamiento de la unidad ATS depende mucho de esta red de datos y la mensajería aeronáutica.

2.4.1- La red de datos que conecta su unidad ATS con el resto de su organización debe contar con las suficientes medidas de protección, incluyendo equipos de red, servidores en alta disponibilidad y firewalls, detección de actividad de intrusos y otras medidas de seguridad que le permitan disminuir los riesgos asociados a la ciberseguridad.

2.4.2- La red de datos del ANSP debe ser en sí misma una red cerrada, aunque tenga un alcance territorial extenso. Los puntos de contacto de esta red cerrada con sus proveedores de comunicaciones locales para la extensión de la red WAN o con

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

redes de otras organizaciones ANSP deben ser mínimos y objeto de monitoreo y supervisión permanente.

2.4.3- Las necesarias medidas de protección de las redes pueden provocar la creación de puntos críticos en la cadena de información que obligan a tomar con estos puntos críticos las mismas medidas concebidas para el equipamiento del nodo central.

2.4.4- Debe evaluarse con el proveedor de comunicaciones local los costos y factibilidad de contar con más de un punto de contacto entre su red local (LAN) y la red de área extensa (WAN) que permita conectar su unidad ATS con el mundo exterior a su unidad, dentro de la red del ANSP. Normalmente un fallo de la red WAN deja a su unidad ATS sin comunicaciones digitales, sin fuentes de vigilancia y sin intercambio de mensajería aeronáutica, como mínimo.

2.4.5- Debe evaluarse con los ANSP vecinos la manera confiable de interconectar sus redes de datos. Tenga en cuenta que una posible falla simple en un punto de interconexión los priva de intercambio de información con el exterior, como sucede hoy en día cuando falla la comunicación de cualquier ANSP con el Centro AMHS de Atlanta para la mensajería aeronáutica por el AMHS. Debe evaluarse con ANSP vecinos la conveniencia y factibilidad de lograr una comunicación secundaria para el AMHS, que no dependa exclusivamente de Atlanta.

2.4.6- Debe evaluarse la factibilidad de contar con un sistema de contingencia para la mensajería aeronáutica a través de Internet, tal como lo tiene la FAA, consistente en el AISR (Aeronautical Information System Replacement), que permite acceder a la información de mensajería aeronáutica retenida en Atlanta, en caso de fallos, lo cual permite una medida de mitigación efectiva.

2.4.7- Los Centros AMHS, con sus correspondientes gateways AMHS/AFTN, deben estar en alta disponibilidad y estar lo más cercano posible a los Centros de Control de Área y al enlace regional del ANSP.

2.4.8- Introducir en su organización las mejores prácticas del marco de ciberseguridad del NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología) de los Estados Unidos que están siendo adoptadas por la comunidad aeronáutica internacional.

### **Fallas en los sistemas de vigilancia que tributan a unidades ATS**

Los sistemas de vigilancia también son el soporte básico para el control ATC. **Sin ellos, es imposible el ATC cuando la densidad de tráfico es alta.**

### **3.1- Aspectos a tener en cuenta para mantener la vitalidad de los sistemas de vigilancia.**

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

3.1.1- Debe preverse que exista más de una fuente de vigilancia para un sector ATC determinado y que se encuentren en más de una instalación y cuente con una adecuada sobre-cobertura, que permita mantener el servicio, aunque exista falla en una de las instalaciones.

3.1.2- Debe preverse que los principales flujos aéreos de un sector ATC sean vigilados por más de una fuente y que el cono de silencio de un radar esté bien cubierto por el trabajo de otra fuente de vigilancia.

3.1.3- Por su propia naturaleza, las fuentes de vigilancia ADS-B y MLAT requieren de enlaces digitales confiables y de adecuado rendimiento. En términos económicos, las fuentes de vigilancia ADS-B y MLAT son inversiones de menor costo que un radar, pero tienen otras características que permiten concluir que la mejor estrategia es combinar las diferentes fuentes.

3.1.4- La selección de lugares apropiados para la instalación de sistemas de vigilancia debe tener en cuenta las facilidades de energía del lugar, incluyendo la energía de respaldo en AC y DC, facilidades de comunicaciones disponibles con el proveedor de comunicaciones local y seguridad del sitio ante la posibilidad de hechos vandálicos, entre otros.

3.1.5- Un aspecto a tener en cuenta para la comunicación con los radares es que la transmisión de información de vigilancia pueda realizarse indistintamente con tecnologías de comunicaciones analógicas (mediante módems) como digitales. Esto posibilita contratar al proveedor de comunicaciones local más de un sistema independiente de comunicaciones (analógico y digital).

3.1.6- Debe evaluarse con su proveedor de servicios de comunicaciones la factibilidad de tener más de un enlace entre la fuente de vigilancia y la unidad ATS.

3.1.7- Las estaciones ADS-B son las fuentes de vigilancia más económicas y brindan generalmente un dato de calidad, pero son fuentes de vigilancia dependientes y en un sistema de vigilancia deben ser combinadas con fuentes de vigilancia independientes como lo son los radares y sistemas MLAT.

3.1.8- En las fuentes de vigilancia complejas (radares, sistemas MLAT, concentradores de señales ADS-B) los equipos deben ser duplicados, con doble red y sistemas de alimentación eléctrica de respaldo.

3.1.9- La diversidad de fuentes de vigilancia diferentes y en instalaciones diferentes, permite mantener la vigilancia, incluso durante la ocurrencia de fenómenos meteorológicos adversos que obliguen a la desconexión de algunos de ellos durante esos sucesos meteorológicos.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

### **3.2- Aspectos a tener en cuenta para mantener la vitalidad de los sistemas de automatizados de control de tránsito aéreo.**

Los sistemas automatizados de control de tráfico aéreo son el eslabón tecnológico a disposición del ATC para permitir la inter-relación hombre-máquina (HMI) y una falla de los mismos provoca una reducción significativa de la seguridad de los servicios pudiendo llegar al caso de ATC0.

3.2.1- Los sistemas automatizados de control de tráfico aéreo deben estar libres de puntos de falla simples que comprometan su trabajo. Esto obliga a un diseño en alta disponibilidad de los servidores centrales, la red y los equipos activos. La doble red debe llegar a cada estación de trabajo. Tanto los servidores como el equipamiento de activos de red deben contar con fuentes duplicadas de alimentación.

3.2.2- El servidor de interfase (SIF) con las fuentes de vigilancia debe ser capaz de conectarse a las fuentes de vigilancia tanto mediante enlaces digitales como mediante enlaces analógicos de baja velocidad.

3.2.3- Los sistemas principales de un sistema de control de tráfico aéreo son los procesadores de datos de vigilancia (SDPS) y los procesadores de datos de planes de vuelos (FDPS). En el conjunto del sistema debe preverse que una caída del SDPS permita la continuidad del trabajo del FDPS y viceversa.

3.2.4- Debe preverse en el diseño del sistema que, ante una caída de los servidores SDPS, las posiciones de trabajo tengan acceso directo a las fuentes de vigilancia, a selección del controlador del sector, para mantener en el momento de la contingencia, la conciencia situacional de lo que estaba ocurriendo en el momento del evento.

3.2.5- Debe preverse en el diseño del sistema que, ante una caída de los servidores SDPS, a voluntad del supervisor operacional, opcionalmente se active el movimiento de las pistas detenidas, mediante la generación del movimiento de pistas sintéticas, teniendo en cuenta la última información almacenada en los servidores de planes de vuelo para mantener, en el momento de la contingencia, la conciencia situacional de lo que estaba ocurriendo en el momento del evento.

3.2.6- Cuando la densidad del tráfico aéreo lo justifique, y mediante una evaluación previa de los costos, cada sector de trabajo debe estar compuesto por dos posiciones de control de las mismas características, para cumplir con las exigencias del sector. Este diseño permite excluir de las contingencias la falla simple de una posición cualquiera en un sector de trabajo.

3.2.7- Las posiciones dobles de cada sector de trabajo deben tener un cableado de red de datos y una alimentación eléctrica independiente, en lo posible, desde desconectivos independientes.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

3.2.8- Una de las causas principales de afectaciones en los sistemas automatizados de control de tráfico aéreo la constituyen las actualizaciones del software, que responden a nuevos requerimientos de servicios o a mejoras ya solucionadas de versiones anteriores. Estas actualizaciones del software son por lo general complejas y no pueden ser totalmente comprobadas en los ambientes de los fabricantes de software. De ahí, la importancia de contar con un sistema automatizado de prueba, que recibe los mismos datos de vigilancia y planes de vuelo que el sistema de producción y donde se puedan diseñar ejercicios que permitan comprobar la adaptación del software para el cumplimiento de los requerimientos, ya sean nuevos requerimientos o los que existían antes de la actualización del software.

3.2.9- Debe escogerse el mejor momento para las actualizaciones de software de los sistemas, aunque dichas actualizaciones hayan sido comprobadas suficientemente en los sistemas de prueba. Las actualizaciones siempre deben ser hechas en horarios de menores afectaciones potenciales y en fechas no cercanas a fines de semana, días feriados o días de conmemoración, con el personal informático especializado requerido disponible y contar con procedimientos seguros de restaura de la versión anterior a la actualización en curso. Sea siempre muy precavido, los sistemas son cada vez más complejos.

### **Fallas en los sistemas de ayudas de radio a la navegación aérea**

Los sistemas de ayudas de radio a la navegación aérea es la rama de la navegación aérea donde más se han impuesto los sistemas globales. De todas las acciones emanadas a raíz de la implementación por la OACI de los conceptos CNS/ATM, los sistemas globales de navegación son los más maduros, tecnológicamente hablando, y se desarrollaron los conceptos de GNSS, PBN, RNAV y RNP.

Sin embargo, esto no significa que nos olvidemos que debemos contar con más de una opción para permitir una navegación aérea segura, en dependencia de los requerimientos de un determinado espacio aéreo.

4.1- Que conozcamos, ningún Estado u organización ha prescindido hasta el momento, totalmente de las radioayudas terrestres, aunque la tendencia sea a su eliminación paulatina. Prácticamente, ya no existen NDB y los VOR van siendo desinstalados, aunque se mantienen algunos, que sirven como opción para la navegación ante la degradación ocasional de la señal GNSS.

4.2- Los ILS y los DME, ya sea en composición de los VOR, los ILS o para la navegación multi-DME siguen siendo una opción válida y, en el caso de los ILS, permiten todavía disminuir los mínimos para el aterrizaje hasta un punto en que aún los procedimientos RNP no han llegado.

4.3- Como resumen de esta situación, la contingencia prevista para los sistemas de radioayudas a la navegación aérea consiste en:

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- a) Desarrollar rutas aéreas y procedimientos de salidas y llegadas RNP o RNAV para aprovechar las ventajas que brinda el GNSS.
- b) Mantener, luego de una evaluación de factibilidad económica un grupo de radioayudas terrestres, que permitan soportar con seguridad el tráfico aéreo en las áreas de mayor densidad de flujos en el caso de fallos ocasionales de la señal GNSS.
- c) Continuar con la evaluación de la factibilidad económica para el despliegue de sistemas de aumentación que permitan cumplir con requisitos de integración, y sobre todo de integridad, de la señal de los GNSS.

### Otros aspectos que pueden ocasionar contingencias en las unidades ATS

Por último, no quisiéramos concluir sin mencionar otros aspectos a los cuales se les debe prestar la máxima atención, para prevenir sucesos que ocasione contingencias en las unidades ATS.

#### **a) Aspectos de la alimentación y salud de los controladores**

Debe tenerse muy en cuenta que los servicios ATS requieren siempre de los controladores. Por tanto, la salud de los controladores debe ser objeto permanente de atención, la cual debe ser más estricta ante la posibilidad de enfermedades contagiosas. Aún está cercana en el tiempo la epidemia de la COVID19 y sus consecuencias en la prestación de servicios en muchas unidades ATS.

Una posible fuente de afectación de la salud de los controladores es la relacionada con el agua y la alimentación, que puede ocasionar afectaciones digestivas, con serias afectaciones al servicio que brindan. En este aspecto, las medidas más básicas son las más efectivas, pero siempre deben ser tomadas en cuenta.

#### **b) Desastres naturales (huracanes, terremotos, inundaciones)**

La posibilidad de ocurrencia de desastres naturales debe ser considerada siempre en los planes de contingencia. Estos desastres pueden afectar los servicios ATS por largos períodos de tiempo y en extensas áreas de territorios y la afectación de los servicios ATS puede traer consecuencias negativas para la atención a las consecuencias de los desastres.

Los planes de recuperación ante desastres naturales deben ser parte de los planes de contingencia y prever además la necesaria coordinación con unidades ATS vecinas para el mantenimiento de los servicios en rutas de contingencia.

#### **c) Sucesos de naturaleza humana (Desórdenes sociales, guerra, sabotajes)**

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

Por último, aunque menos frecuentes, la ocurrencia de sucesos de naturaleza humana que ocasionen afectaciones en la provisión de los servicios ATS también deben ser previstos en los planes de contingencia, aunque sean de difícil predicción en cuanto a su ocurrencia y sus consecuencias.

### **ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS SISTEMAS DE INGENIERÍA**

#### **1. GENERAL**

Es importante destacar el papel fundamental que desempeña el personal técnico/de ingeniería en caso de contingencia.

Por ejemplo, en las estrategias de sectores 'Co-ubicados' y de 'multiuso', la 'reconfiguración' del sistema ATS se menciona brevemente como un factor clave de ingeniería de sistemas durante las Acciones de Corto/Medio Plazo y/o las fases de Reubicación. De hecho, en algunos casos es probable que los enfoques de los ANSP relacionados con la ingeniería de sistemas tengan una fuerte influencia en la selección de la estrategia general de la contingencia de los ANSP.

Esta sección se refiere a la contribución esencial del personal de ingeniería de los servicios de tránsito aéreo durante la contingencia y describe cómo diversos enfoques de ingeniería pueden afectar la planificación de la contingencia.

#### **2. DIFERENTES ENFOQUES DE INGENIERÍA PARA LAS CONTINGENCIAS**

Los principales enfoques de soporte de ingeniería identificados son:

- Ingeniería interna.
- Contratistas y Subcontratistas.
- Uso de equipamiento COTS 'Comercial listo para usar' (Commercial off the Shell).
- Cartas de acuerdos técnicos internacionales de Acuerdo (LOA).
- Cooperación en Infraestructura transfronteriza

Estos enfoques NO son mutuamente excluyentes y es probable que cualquier ANSP tenga una mezcla de cada uno. Algunos ANSP dependen en gran medida de la subcontratación de elementos clave de infraestructura, incluidos hardware y aplicaciones de software. Otros conservan una importante función de desarrollo de software de forma tal que ambos desarrollan y mantienen la mayoría de sus aplicaciones:

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

Las lecciones aprendidas identifican los riesgos potenciales de cada enfoque de ingeniería y cómo estos podrían afectar la capacidad de los ANSP para ejecutar su estrategia(s) de contingencia elegida(s).

Los riesgos y las acciones para mitigarlos se enumeran a continuación.

### **2.1 INGENIERÍA 'INTERNA'**

Esta estrategia es actualmente adoptada por un gran número de ANSP.

#### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Las soluciones específicas se adaptan a las necesidades locales.
- Esto limita las oportunidades de soluciones "comerciales listas para usar" (COTS).
- Los ANSP retienen considerables recursos internos para el desarrollo y mantenimiento de sus infraestructuras de sistemas ATS.
- La comunicación interna es compatible entre los ingenieros de sistemas y el personal operativo porque ambos son empleados de la misma organización.

#### **RIESGOS POTENCIALES POR CONTINGENCIA**

- Los equipos de ingeniería de sistemas dependen de un número relativamente pequeño de personas con la mayor experiencia y conocimientos primarios de los sistemas técnicos.
- Número limitado (por ejemplo, uno o dos) de personas que tengan las competencias necesarias para respaldar la transferencia de la infraestructura de sistemas a un sitio de contingencia.
- Vulnerabilidad potencial, poco personal técnico de refuerzo, para algunas contingencias relacionadas con disponibilidad del personal (por ejemplo, enfermedades, ataques terroristas y pandemias).
- Es posible que se requiera personal clave de ingeniería para identificar las causas de la contingencia y también para activar una instalación alternativa que conduzca a escasez de personal.

#### **ACCIONES DE MITIGACION**

Durante la fase de planificación:

- Identificar posibles vulnerabilidades y carencia de habilidades en sistemas.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- Definir soluciones adecuadas para hacer frente a la escasez de personal (incluido personal técnico/de ingeniería) en caso de escenarios de contingencia relacionados con el personal (por ejemplo, enfermedades, pandemias, huelgas, violaciones importantes de seguridad).
- Además, abordar cuidadosamente el impacto en la capacidad de “apoyo de ingeniería” por la ausencia de expertos técnicos centrales en el ANSP al dejar la empresa o jubilarse.

### 2.2 CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

La creciente complejidad de muchos sistemas ATS a menudo impide que los ANSP mantengan experiencia especializada en el desarrollo y mantenimiento de todas las aplicaciones de las que dependen. En consecuencia, los ANSP pueden subcontratar a especialistas para el mantenimiento de sus sistemas. Este enfoque crea demandas específicas de apoyo a la contingencia.

#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Sistemas o subsistemas CNS o ATS complejos.
- Los ANSP subcontratan la experiencia en el desarrollo y mantenimiento a contratistas externos.
- Es posible que se requiera que los contratistas apoyen operaciones de contingencia (emergencia, modos de operación degradados y continuidad del servicio).
- Los acuerdos contractuales son necesarios para establecer explícitamente el alcance del apoyo que un ANSP puede esperar de un contratista en condiciones de contingencia.
- El enlace con los contratistas y subcontratistas es necesario durante la fase de planificación.

#### RIESGOS POTENCIALES PARA LA CONTINGENCIA

- El soporte de los contratistas durante las operaciones de contingencia está fuera del control administrativo del ANSP;
- El soporte de ingeniería de los contratistas (eficacia, calendario, etc.) puede ser insuficiente para cumplir con los requisitos de contingencia.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- La dependencia de los contratistas de los subcontratistas puede generar mayor complejidad y riesgo.
- Es extremadamente difícil prever la variedad de limitaciones que podrían afectar la capacidad de las agencias externas para hacer frente a situaciones de contingencia, por ejemplo, durante pandemias o fallos importantes en materia de seguridad.
- Es posible que los contratistas no estén familiarizados con todos los aspectos del sistema de gestión de seguridad de un ANSP y que tengan puntos de vista muy diferentes al respecto de la cultura de seguridad tanto antes como durante la contingencia. Este problema puede exacerbarse cuando los contratistas primarios emplean una variedad de subcontratistas adicionales que sólo tienen una relación indirecta con la ANPS.
- Los problemas de comunicación pueden aumentar a medida que la gerencia de los ANSP tenga que lidiar con contingencias y también organizar el apoyo necesario de contratistas externos.
- En algunos Estados puede haber un monopolio en el suministro de infraestructura, especialmente en comunicaciones. Es posible que estas empresas no estén dispuestas a cumplir con los niveles de servicio esperados por los ANSP en condiciones de contingencia. Estos monopolios también pueden carecer de los recursos técnicos para proporcionar los niveles de confiabilidad y apoyo previstos por los ANSP.

## ACCIONES DE MITIGACION

- Los ANSP deben garantizar que las agencias externas satisfagan los requisitos creados por contingencias particulares.
- El soporte de ingeniería externo debe formalizarse a través de instrumentos contractuales (por ejemplo, garantías y acuerdos de nivel de servicio). Estos documentos deben considerar la cantidad garantizada de personal y el tiempo que un ANSP puede requerir de un contratista bajo contingencia.
- Dichos acuerdos deben establecer la calidad y el nivel del soporte de ingeniería que deben proporcionar los contratistas externos en caso de contingencias particulares.
- Debería aclararse la participación de los subcontratistas para apoyar a los contratistas. Los requisitos deben trasladarse en cascada a los subcontratistas.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- Realizar simulacros y ejercicios conjuntos con contratistas y subcontratistas, especialmente cuando el personal contratado debe ser transferido desde otros proyectos y sitios para ayudar a los ANSP a responder a una contingencia y prever problemas de comunicación que de otro modo podrían retrasar una respuesta efectiva a cualquier incidente futuro.
- La experiencia en planificación de contingencias ha demostrado que la relación contratista/subcontratista puede crear muchos problemas puntuales que sólo se ven durante los ejercicios complejos.
- Aclarar las líneas de toma de decisiones de los ANSP hasta el nivel de subcontratistas, por ejemplo, a los subcontratistas les puede resultar difícil identificar gerentes individuales con autoridad para tomar decisiones críticas de ingeniería inmediatamente después de una falla importante en el sistema.
- Abordar cuidadosamente los escenarios que afectan la disponibilidad de personal externo, como fallas importantes en la seguridad o pandemias.
- Abordar cuidadosamente la disponibilidad de soporte de ingeniería externo en escenarios que consideren el traslado del personal de ATCO a otro sitio.
- Implementar sistemas de monitoreo, por ejemplo, en redes de área local, para ayudar a diagnosticar la fuente de fallas complejas del sistema que pueden surgir de interacciones complejas entre aplicaciones internas y sistemas mantenidos por subcontratistas.
- Se pueden tomar medidas para garantizar que el personal subcontratado esté integrado en los sistemas de gestión de seguridad del ANSP antes de una contingencia.
- En algunos lugares, donde los ANSP deben trabajar con proveedores monopólicos, para lograr los niveles más altos de garantía posible para provisiones de contingencia antes de que ocurra un evento adverso, deben existir medidas de validación para garantizar que, por ejemplo, las empresas nacionales de telecomunicaciones puedan cumplir con los requisitos de los ANSP y comprendan la naturaleza crítica de los servicios que proporcionan a los operadores de ATS.

### **2.3 ENFOQUES 'COMERCIALES DISPONIBLES' (COTS)**

Cada vez más sistemas CNS/ATM incluyen elementos COTS. Es probable que esta tendencia aumente en el futuro con los acontecimientos actuales sobre interoperabilidad y desarrollo de productos por parte de los fabricantes de sistemas

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

ATS. Esto continuará en el futuro bajo la presión de estandarización e interoperabilidad.

### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Varios elementos de los sistemas ATS y la infraestructura CNS son COTS.
- El uso de COTS limita el acceso directo del personal de ingeniería del ANSP a los equipos (hardware y/o software):
- Es posible que solo haya oportunidades limitadas para que los ingenieros de ANSP accedan directamente al código subyacente por razones técnicas y comerciales, por ejemplo, sistemas operativos en tiempo real.
- Pueden surgir problemas a partir de interacciones complejas entre los componentes COTS y otros elementos personalizados de la infraestructura ATS. Puede resultar difícil diagnosticar fallas intermitentes que surgen de los sistemas COTS si los ANSP no pueden mirar el interior de esos componentes para identificar los subsistemas que están fallando.

### **RIESGOS POTENCIALES POR CONTINGENCIA**

- Es posible que el personal de ingeniería de soporte del ANSP no pueda realizar las acciones requeridas en hardware/software durante operaciones de contingencia, por ejemplo, el personal de ingeniería no tiene acceso directo al hardware ni al software para realizar reparaciones o depuraciones.
- Estos problemas pueden verse exacerbados si los componentes COTS han sido instalados por subcontratistas que no tienen acceso directo a los detalles de ingeniería de los sistemas que han proporcionado.
- Durante una crisis/contingencia, a menudo existe una necesidad apremiante de contactar a los proveedores para intervenir en el sitio y/o contratar personal con experiencia con poca antelación para complementar los recursos de ingeniería internos.
- Esto puede crear problemas considerables cuando, por ejemplo, es posible que se requiera cierto conocimiento de las operaciones ATS además de habilidades en el funcionamiento de aplicaciones COTS.
- Es posible que los proveedores originales no sepan que su aplicación se está utilizando en una configuración particular dentro de la infraestructura de un ANSP y, por lo tanto, es posible que solo puedan ofrecer soporte limitado.

### **ACCIONES DE MITIGACION**

Durante la fase de planificación:

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- Mantener un acuerdo continuo entre ANSP y el proveedor de soporte de ingeniería
- Definir con precisión con el proveedor de COTS (u otro tercero):
  - Qué nivel y calidad de soporte brindado: tipo de soporte, tiempos de reacción, tiempos de reemplazo, tiempo de reparación
  - ¿Qué disponibilidad (por ejemplo, H24, Fin de semana)?
  - ¿Qué stock de suministros de respaldo?
- Participar en los esquemas de informes y actualización de los proveedores para garantizar que el ANSP pueda aprender de cualquier incidente reportado anteriormente.
- Implementar sistemas de monitoreo, por ejemplo, en redes de área local, para ayudar a diagnosticar la fuente de fallas complejas del sistema que pueden provenir de aplicaciones COTS.

### **2.4 CARTAS DE ACUERDO TÉCNICAS**

Varios Estados operan los mismos sistemas técnicos básicos, que han sido diseñados para sus necesidades operativas particulares. Esto puede ser particularmente apropiado.

#### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Las cartas de acuerdo internacionales se extienden más allá de los requisitos operativos inmediatos para brindar un soporte de sistemas más amplio.
- Varios ANSP han comenzado a desarrollar acuerdos para la gestión conjunta de infraestructuras comunes. Estos acuerdos proporcionan un modelo para el intercambio de apoyo técnico en caso de contingencia.
- Se pueden enviar ingenieros de sistemas de un ANSP para ayudar a los de una unidad afectada en otro país.

#### **RIESGOS POTENCIALES POR CONTINGENCIA**

- De manera similar a las preocupaciones sobre licencias y capacitación de los ATCO, surgen las mismas preocupaciones sobre el estatus legal, la competencia y la certificación de los individuos ingenieros de soporte que trabajan en la infraestructura de otro país.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- También puede que no sea posible que otros ANSP proporcionen a las personas el nivel adecuado de experiencia técnica a tiempo para ayudar a abordar una contingencia en un Estado vecino.
- Hay pocos ejemplos de personal de ingeniería desplegado para ayudar a un ANSP de otro Estado, a tiempo para responder eficazmente a una contingencia. Por lo tanto, este enfoque sigue sin estar probado, incluso si la situación puede cambiar con el uso cada vez mayor de componentes de infraestructura comunes.
- Es importante no subestimar los problemas de comunicación que pueden surgir entre empleados de diferentes ANSP. Estos se extienden más allá de las diferencias de procedimiento que afectan las operaciones técnicas e incluyen diferentes actitudes hacia muchos aspectos de Gestión de Seguridad.
- Existe el riesgo de que el intercambio de personal de sistemas bajo contingencia pueda introducir más riesgos de los que resuelve, ya que esas personas es posible que no comprendan completamente la ingeniería detallada de la infraestructura de otro ANSP.

### ACCIONES DE MITIGACION

Durante la fase de planificación:

- Abordar, según sea necesario, el estatus legal, la competencia y la certificación de los ingenieros de soporte proporcionados por otros países.
- Se deben realizar intercambios técnicos y de ingeniería antes de que ocurra una contingencia para que el personal se familiarice con el entorno y procedimientos SMS en un Estado vecino mucho antes de que ocurra una contingencia.
- Definir con los ANSP vecinos requisitos realistas en términos de disponibilidad de personal de apoyo.
- No sobreestime el nivel de experiencia que se proporcionará.
- No subestime la familiarización necesaria con sus sistemas operativos y su entorno.
- Abordar cuidadosamente los aspectos logísticos (viajes, llegadas, seguros, alojamiento, gestión de instalaciones, etc.).

Después de la ejecución de la contingencia, dentro del análisis post-evento:

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- Informar al personal de apoyo de ingeniería "extranjero" antes de que regresen a casa.
- Evite la mala publicidad asegurándose de que no se ignoren las deficiencias.
- Revisar los acuerdos de contingencia en consecuencia. Muchas de las mitigaciones para los subcontratistas también se aplican aquí dado que los empleados de otro ANSP enfrentarán los mismos problemas de comunicación que complican el papel de las agencias externas en condiciones de contingencia.

-

### **2.5 COOPERACIÓN EN INFRAESTRUCTURA TRANSFRONTERIZA**

Varios Estados dependen de sus vecinos para elementos críticos de su provisión de infraestructura; por ejemplo, la geografía puede dictar que los ANSP tengan que utilizar radares y sistemas de comunicaciones de otros Estados para mantener los niveles de servicio en toda la Región de zonas de mares donde de otro modo no podrían proporcionar funciones CNS.

### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Las limitaciones geográficas y técnicas de algunos Estados pueden hacer que algunos ANSP dependan de sus vecinos para sus sistemas de soporte de ingeniería: por ejemplo, si un proveedor de servicios no tiene masa de tierra disponible en la periferia de una FIR de alta mar, puede solicitar datos del sitio de radar de un vecino que cubra elementos de su espacio aéreo.

### **RIESGOS POTENCIALES POR CONTINGENCIA**

- Esto crea dos cuestiones para las contingencias: cómo garantizar que la pérdida de estos servicios en los ANSP vecinos no provoquen una contingencia y también cómo garantizar que dichos servicios puedan mantenerse bajo contingencia cuando el personal técnico de otros Estados puede ser necesario para trabajar en otros requerimientos de CNS del Estado vecino.
- Los cambios en la infraestructura del Estado que alberga servicios remotos pueden interrumpir el flujo de datos CNS entre Estados vecinos y esto puede desencadenar una contingencia.
- El mantenimiento de rutina y las actualizaciones de la infraestructura remota no están bajo el control del ANSP que comparte estos servicios. Esto puede exacerbar los problemas existentes; por ejemplo, obligar a los ANSP a utilizar técnicas de control de procedimientos.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

### ACCIONES DE MITIGACION

Durante el diseño y la implementación de provisiones para contingencias, los ANSP pueden aumentar la resiliencia de las conexiones del CNS con los Estados vecinos, por ejemplo, utilizando enlaces satelitales que sean menos vulnerables a las roturas que pueden afectar a los cables de datos marinos o creando múltiples cables para garantizar la redundancia en las transmisiones entre Estados. Es posible que sea necesario capacitar al personal sobre los procedimientos apropiados a los que se puede recurrir cuando se pierden elementos remotos de la infraestructura.

Los equipos de ingeniería de sistemas deben recibir un soporte de comunicaciones eficaz para que puedan contactar rápidamente con sus colegas en el ANSP vecino en caso de que se interrumpan los flujos de datos CNS remotos.

### 3. UNA APROXIMACIÓN AL CICLO DE VIDA EN LA INGENIERÍA DE SISTEMAS PARA LAS CONTINGENCIAS.

La provisión de ingeniería de sistemas para contingencias debe cambiar durante el ciclo de vida de aplicaciones ATS.

Como se ilustra arriba:

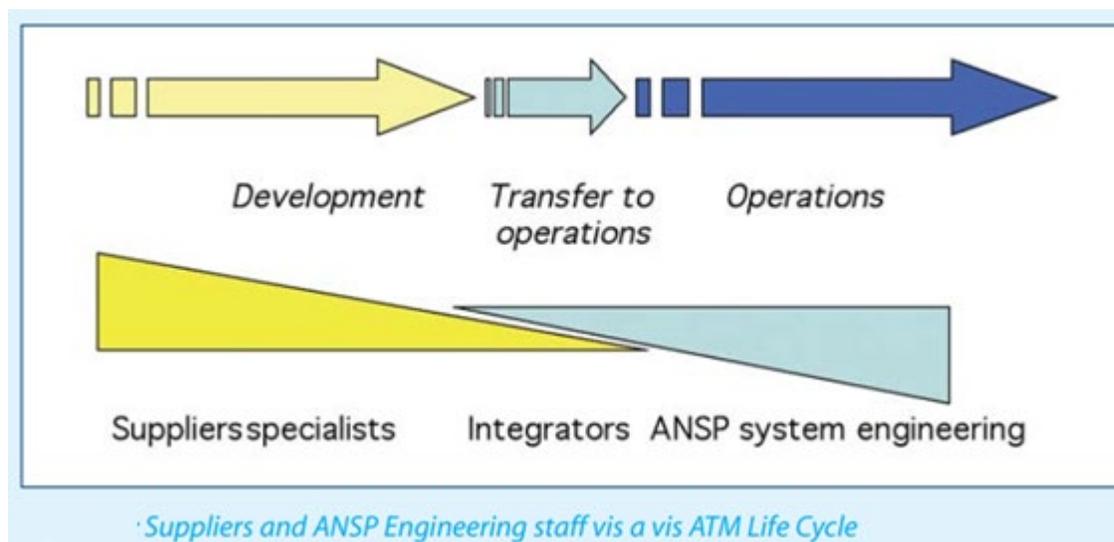
- Muchos sistemas importantes se encargan inicialmente a proveedores especializados.
- A medida que el sistema avanza desde la fase inicial de instalación, los equipos de ingeniería de sistemas ANSP deben ser gradualmente familiarizados con las arquitecturas y tecnologías subyacentes.
- Los proveedores e integradores de sistemas actúan como contratistas externos, aunque ellos pueden pasar largos periodos trabajando en sitio con el ANSP.
- Con el tiempo, los equipos de ingeniería de sistemas internos suelen estar capacitados para tomar la responsabilidad de mantener sistemas de infraestructura desde el proveedor inicial.
- Los equipos de ingeniería de sistemas del ANSP gradualmente también asumen un mayor control e independencia en la coordinación de respuesta técnica ante cualquier contingencia. O puede suceder que el proveedor original tiene la responsabilidad de mantener el sistema - cuando esto ocurre las personas que originalmente desarrollaron la aplicación generalmente se reemplazan por un número menor de técnicos de soporte que a menudo están disponibles "a llamadas" a un ANSP.

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

- Entonces surgen preocupaciones particulares en algunos ANSP donde puede que no existan las mismas "defensas en profundidad" que se proporcionan en los ANSP más grandes. Del mismo modo, puede que no exista la misma gama de soporte técnico interno para "hacer frente" cuando los proveedores entregan el equipo si surgen problemas posteriores.

A medida que se introducen cambios en la versión inicial del sistema:

- El proveedor externo puede perder el contacto necesario con el sistema cuando este evoluciona. Esto puede reducir su capacidad para brindar asistencia inmediata durante cualquier contingencia posterior.
- Incluso si un proveedor continúa brindando soporte in situ, los equipos de desarrollo iniciales pueden ser reemplazados por personal técnico que no comprende la ingeniería subyacente detallada de una aplicación que puede ser necesaria bajo una potencial contingencia.
- Por lo tanto, en los planes de contingencia detallados se debe considerar tanto las necesidades del personal interno como del personal externo para una gama de infraestructuras básicas ya que la identidad y naturaleza de estos sistemas cambiará con el tiempo.
- El impacto de los cambios en el soporte de los sistemas de ingeniería se debe considerar en la planificación de contingencias dentro de las formas más amplias de evaluación de riesgos que se llevan a cabo antes de que nuevas aplicaciones se entreguen a un ANSP.



### 3.1 EL IMPACTO DE DIFERENTES MODOS DE FALLA EN CONTINGENCIA

Varios modos de falla diferentes pueden conducir a la contingencia. Es poco probable que todos subsistemas dentro de cualquier centro importante fallen

## ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MEJORAR LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

totalmente al mismo tiempo dado que se han hecho esfuerzos considerables para eliminar puntos únicos de falla. Sin embargo, existen diferencias en los diferentes modos de falla parcial que complican la respuesta a las contingencias:

- Fallas intermitentes. Una falla puede aparecer, por ejemplo, dentro de aplicaciones CNS, y que ocurra durante un período corto de tiempo y luego se 'resuelve' sola antes de que el personal de ingeniería pueda identificar la causa. Esto puede ocurrir cuando fallas periódicas afectan los componentes del hardware. Sin embargo, a menos que la causa sea identificada, existe un peligro considerable de que una contingencia peor pueda ocurrir si la falla regresa. El ANSP debería trabajar con contratistas para implementar suficientes recursos de monitoreo para diagnosticar la causa de fallas intermitentes.
- Pérdida Parcial de Subsistemas. Puede ser difícil identificar las causas precisas de falla cuando sólo un pequeño número de los sistemas parecen verse afectados. Los fallos pueden surgir de la interacción de aplicaciones proporcionadas por varios grupos de ingeniería diferentes dentro de un ANSP o de diferentes proveedores. Esto crea problemas considerables en identificar quién está obligado a responder a una situación de contingencia.

### 3.2 CONCLUSIÓN

Finalmente, es importante recalcar que aquí se ha proporcionado sólo una breve descripción general de los fallos potenciales de sistemas y como mejorar su resiliencia.

Cada ANSP debe asegurarse de que su estrategia de ingeniería de sistemas es completamente compatible e integrada con su enfoque global ante las contingencias.