



GUÍA DE LA
**VIGILANCIA
GLOBAL**

INTRODUCCIÓN

CADA DÍA MILLONES DE AVIONES DESPEGAN HACIA EL CIELO. ESO SIGNIFICA QUE MILLONES DE PASAJEROS A BORDO ESPERAN LLEGAR A DESTINO DE MANERA SEGURA, RÁPIDA Y SIN DEMORAS.

En el suelo, los controladores del tráfico aéreo se aseguran de que esos millones de aviones vuelen juntos con seguridad y eficiencia. Las soluciones de vigilancia son los "ojos" de los controladores aéreos, e iluminan los cielos para mostrar quién está ahí.

La vigilancia no es lo que solía ser hace unos años. Hoy existen soluciones que hacen posible la vigilancia en los entornos más difíciles. Son soluciones que están haciendo el control del tráfico aéreo más preciso, seguro y eficiente.

Hoy en día se puede elegir entre las soluciones de radar tradicionales y las nuevas tecnologías de vigilancia, tales como la multilateralización y la vigilancia dependiente automática. Aunque es posible que escuche que algunas soluciones son mejores que otras, lo cierto es que no hay una solución única para todos. Una solución que ofrece unos resultados excepcionales en un área de aproximación compleja puede llegar a ser menos eficaz en una zona montañosa. Incluso usted puede descubrir que solo va a lograr resultados óptimos mediante una combinación de tecnologías de vigilancia.

Usted necesita una solución de vigilancia que se adapte a su medio ambiente, su tráfico (tanto actual como previsto) y su presupuesto. Una solución que pueda satisfacer los flujos de tráfico del futuro, mientras que al mismo tiempo cumpla sus requisitos de mayor seguridad, mayor eficiencia y menores costos. Este folleto lo introducirá en la vigilancia global. Descubra las diferentes tecnologías que existen en la actualidad, qué es lo que hacen bien, y en qué no son tan buenas. Entérese de cómo algunos países ya están obteniendo lo mejor de su solución de vigilancia. Y puede estar seguro de que para entender esto no es necesario ser un experto. Este folleto es así de simple, sin palabras elegantes, sin tecnicismos ni diagramas complicados: son solo fotos, y texto sencillo en idioma español.

Eche un vistazo al panorama mundial en materia de vigilancia y asegúrese de que su elección es la acertada.

Índice

1	NECESIDADES Y REGULACIONES DE VIGILANCIA	6
1.1	¿Por qué necesitamos la vigilancia?	8
1.2	Reglamentos: ¿quién dice qué?	9
2	TECNOLOGÍAS DE VIGILANCIA	12
2.1	Radar primario de vigilancia (PSR)	14
2.2	Radar secundario de vigilancia (SSR)	16
2.3	Multilateración	18
2.4	Vigilancia dependiente automática: transmisión (ADS-B)	20
2.5	Vigilancia dependiente automática: contrato (ADS-C)	22
2.6	Resumen de la tecnología de vigilancia por sensores	24
2.7	Aplicaciones de la tecnología de vigilancia por sensores	26
2.8	Datos que facilita cada tecnología de vigilancia	27
2.9	Sistema de seguimiento	28
3	VIGILANCIA GLOBAL	30
3.1	¿Por qué vigilancia global?	32
3.2	Soluciones de vigilancia global	33
3.3	Racionalización	36
3.4	Herramientas de validación y simulación	40
4	ESTUDIOS DE CASOS	42
4.1	Fráncfort, sistema de multilateración de área amplia	44
4.2	EE. UU., cobertura nacional de ADS-B	45
4.3	Australia	46
4.4	México	46
4.5	Namibia	47
5	SERVICIOS DE APOYO	48
6	PRINCIPALES PROGRAMAS DE I+D	50
7	INNOVACIÓN	52
7.1	Radares compatibles con parques eólicos	54
7.2	Detección de aves	56
7.3	Detección de escombros y objetos extraños	58
7.4	Detección de turbulencia de estela	59
7.5	Detección de amenazas meteorológicas	60
7.6	Radar primario multiestático de vigilancia	61
	Acronimos y terminología	62

REFERENCIAS

- Project ID 15.04.232: Assessment of Surveillance Technologies - P15.04.01-D04 Assessment of Surveillance Technologies
- EUROCONTROL Specification for ATM Surveillance System Performance
- ICAO - ADS-B Study and Implementation Task Force - Comparison of Surveillance Technologies. Greg Dunstone y Kojo Owusu, Airservices Australia, 2007
- Baud, O., N. Honoré, y O. Taupin (2006): Radar / ADS-B data fusion architecture for experimentation purpose, ISIP'06, 9th International Conference on Information Fusion, págs. 1-6, julio de 2006.
- Baud, O., N. Honoré, Y. Rozé y O. Taupin (2007): Use of downlinked aircraft parameters in enhanced tracking architecture, IEEE Aerospace Conference 2007, págs. 1-9, marzo de 2007
- Generic Safety Assessment for ATC Surveillance using Wide Area Multilateration, volume 2, EUROCONTROL, Ed. 6.0., 22 de septiembre de 2009.
- Roke Manor Research Ltd. (para EUROCONTROL): Multi-Static Primary Surveillance Radar – An examination of Alternative Frequency Bands, informe 72/07/R/376/U, n.º 1.2; julio de 2008.
- M. Moruzzis: Towards Multistatic Primary Surveillance Radars. Berlin: ESAVS2010, 16-18 de marzo de 2010.
- EUROCONTROL Standard Document for Radar Surveillance in En-Route Airspace and Major Terminal Areas. SUR.ET1. ST01.1000-STD-01-01 (versión 1.0), marzo de 1997.
- EUROCONTROL: European Mode S Station Functional Specification, edición 3.11, Ref.: SUR/MODES/EMS/SPE-01
- “TECHNICAL SPECIFICATION FOR A 1090 MHz EXTENDED SQUITTER ADS-B GROUND STATION”, Eurocae ED 129, borrador de mayo de 2010.
- TECHNICAL SPECIFICATION FOR WIDE AREA MULTILATERATION (WAM) SYSTEM, Eurocae Document ED-142, borrador versión V1.0, junio de 2010.
- ATM MASTERPLAN: The ATM Deployment Sequence, D4, SESAR Definition Phase, ref.: DLM-0706-001-02-00-January 2008
- <http://www.ofcm.gov/mpar-symposium/index.htm>
- <http://www.casa.umass.edu/>
- Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter, ICAO, Ref. Doc. 9871
- <http://www.eurocontrol.int/>

1.1 ¿Por qué necesitamos la vigilancia?	8
1.2 Reglamentos: ¿quién dice qué?	9



1 ESIDADES Y REGULACIONES DE VIGILANCIA

1.1 ¿Por qué necesitamos la vigilancia?

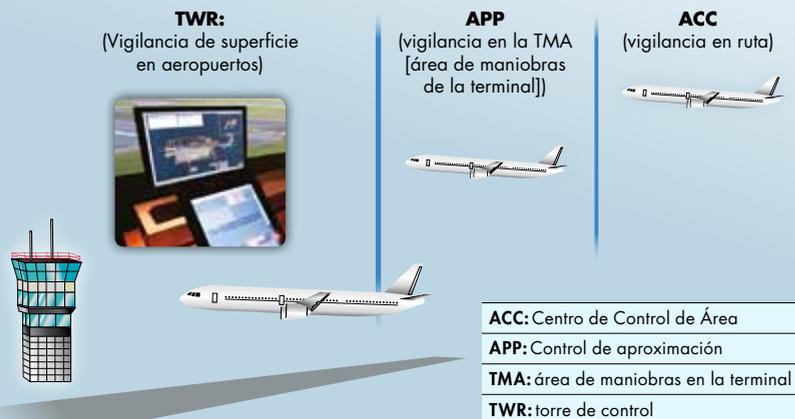
El control del tráfico aéreo es un servicio que regula el tráfico aéreo, previene colisiones entre las aeronaves y los obstáculos en el camino, las colisiones entre aeronaves entre sí, y acelera y mantiene ordenado el flujo del tráfico. El control del tráfico aéreo es proporcionado por los controladores aéreos, que cuentan con sistemas de control del tráfico aéreo para guiar de manera segura y eficiente a los aviones de puerta a puerta.

El espacio aéreo se puede dividir en las siguientes diferentes divisiones de control:

- Control de aeródromo/tierra: Torre de control
- Terminal/Aproximación: aviones que aterrizan y despegan. los controladores trabajan en el centro de control de terminal/aproximación.
- En ruta: aeronaves a altura media a alta. Los controladores "en ruta" trabajan en un centro de control de área (ACC).

La vigilancia es una función clave del control del tráfico aéreo. Los sistemas de vigilancia son los "ojos" de los controladores aéreos, que muestran quiénes están en el cielo, dónde están y cuándo estaban allí. Se encuentran en el inicio del proceso de control del tráfico aéreo. Los sistemas de vigilancia detectan una aeronave, y envían información detallada al sistema de control del tráfico aéreo, que permite que los controladores del tráfico aéreo guíen la aeronave. El control del tráfico aéreo no es posible sin los sistemas de vigilancia, principalmente en zonas de alta densidad de tráfico aéreo.

La vigilancia es proporcionada principalmente por los radares primarios y secundarios. Sin embargo, progresivamente se están implementando nuevas tecnologías de vigilancia, tales como la multilateración y los sistemas ADS basados en GPS.



Los fundamentos de la vigilancia:

Objetivo operacional

ASEGURARSE DE QUE LAS AERONAVES ESTÉN SEPARADAS DE MANERA SEGURA:

- Por ejemplo, 5 NM (millas náuticas) de separación para las áreas de vigilancia en ruta, 3 NM de separación para la aproximación, 50 NM en rutas oceánicas sin medios de vigilancia

Requisitos técnicos

DETECTAR, LOCALIZAR E IDENTIFICAR A TODAS LAS AERONAVES:

- Con una probabilidad dada; por ejemplo: < 97%
- Con una precisión horizontal dada; por ejemplo: < 50 m
- Con una tasa especificada de actualización; por ejemplo: < 4 s

1.2 Reglamentos: ¿quién dice qué?

La ICAO (International Civil Aviation Organization: Organización Internacional de Aviación Civil) define un sistema de vigilancia aeronáutica como aquel que "proporciona la posición de la aeronave y otra información relacionada a la ATM o a otros usuarios en el aire" (ICAO Doc 9924 [ref. doc. 25]).

El enfoque tradicional de la ICAO es "definir la señal en el espacio para varios sistemas técnicos con el fin de garantizar la interoperabilidad y dejar que cada estado decida qué sistemas implementará en su espacio aéreo".

IATA ha definido los siguientes requisitos de vigilancia:

- No se requiere que las aerolíneas utilicen tecnología con PSR (radar primario de vigilancia)¹

■ La multilateración será un reemplazo superior correspondiente al SSR (radar secundario de vigilancia) en el espacio aéreo de la terminal.²

■ Compatible con el SSR modo S en preferencia sobre el SSR modo A/C,³ donde el radar se debe establecer o reemplazar.

■ Apoya la implementación de ADS-B OUT⁴ basado en enlace de datos de Extended Squitter modo S (1090ES) para complementar y finalmente sustituir el radar, y también en espacios aéreos sin radar si el tráfico pudiera beneficiarse con la vigilancia de CTA.

¹ Consulte el capítulo 2.1 ² Consulte el capítulo 2.2 ³ Consulte el capítulo 2.4 ⁴ Consulte el capítulo 2.4

IATA también ha esquematizado los requisitos regionales de la siguiente manera:

NORTEAMÉRICA

- La infraestructura de vigilancia existente seguirá en vigencia hasta el año 2020
- Desde 2020 se migrará a ADS-B como principal medio de vigilancia
- Reducción de la red secundaria de vigilancia (después de 2020)
- Mantener todas las balizas en ruta
- Se mantendrá el conjunto limitado de balizas de terminales en las terminales de alta densidad/OEP
- Se mantendrán los radares primarios de las terminales como respaldo de seguridad.



CARIBE Y SUDAMÉRICA

Mediano plazo (2010-2015)

- Vigilancia de SSR modo S en alta densidad
- Aumento de la implementación de tierra para ADS-B para llenar áreas terminales y en ruta que no estén cubiertas por radar, y para fortalecer la vigilancia en áreas cubiertas con SSR modos A/C y S.
- Implementación de WAM (multilateralización de área amplia) como un camino posible de transición a un entorno de ADS-B en un plazo más corto.
- Vigilancia ADS-C en todo el espacio aéreo oceánico y remoto.

Largo plazo (hasta 2015-2025)

- Los antiguos radares SSR modo A/C ya no se reemplazarán.
- Los sistemas de multilateralización o ADS-B reemplazarán completamente a las unidades SSR fuera de servicio.

EUROPA

- Para cumplir los requisitos de seguridad, hasta 2020 y después, al menos una capa de vigilancia de ATM (gestión del tráfico aéreo) en tierra debe ser una vigilancia independiente cooperativa
- En las TMA se requiere PSR para resolver casos de aviónica fallida en una fase crítica del vuelo.



ASIA PACÍFICO

- Maximizar el uso de ADS-B en las rutas aéreas más importantes y en las áreas terminales, para el servicio de separación del CTA;
- Reducir la dependencia en el radar primario para la vigilancia del área;
- Rutas aéreas: el uso de ADS-B y del SSR modo S en base a requisitos operativos;
- Hacer pleno uso de las capacidades del SSR modo S donde se utiliza vigilancia con radar;
- Hacer uso de ADS-C donde las restricciones técnicas o el análisis de costo-beneficio no apoyan el uso de ADS-B, SSR o multilateralización;
- Hacer uso de la multilateralización para la vigilancia de área, terminal y superficie en donde sea apropiado como un complemento o una alternativa a otros sistemas de vigilancia.

2 TECNOLOGÍAS DE VIGILANCIA

2.1 Radar primario de vigilancia (PSR)	14
2.2 Radar secundario de vigilancia (SSR)	16
2.3 Multilateración	18
2.4 Vigilancia dependiente automática: transmisión (ADS-B) .	20
2.5 Vigilancia dependiente automática: contrato (ADS-C) ...	22
2.6 Resumen de la tecnología de vigilancia por sensores	24
2.7 Aplicaciones de la tecnología de vigilancia por sensores .	26
2.8 Datos facilitados por cada tecnología de vigilancia	27
2.9 Sistema de seguimiento	28



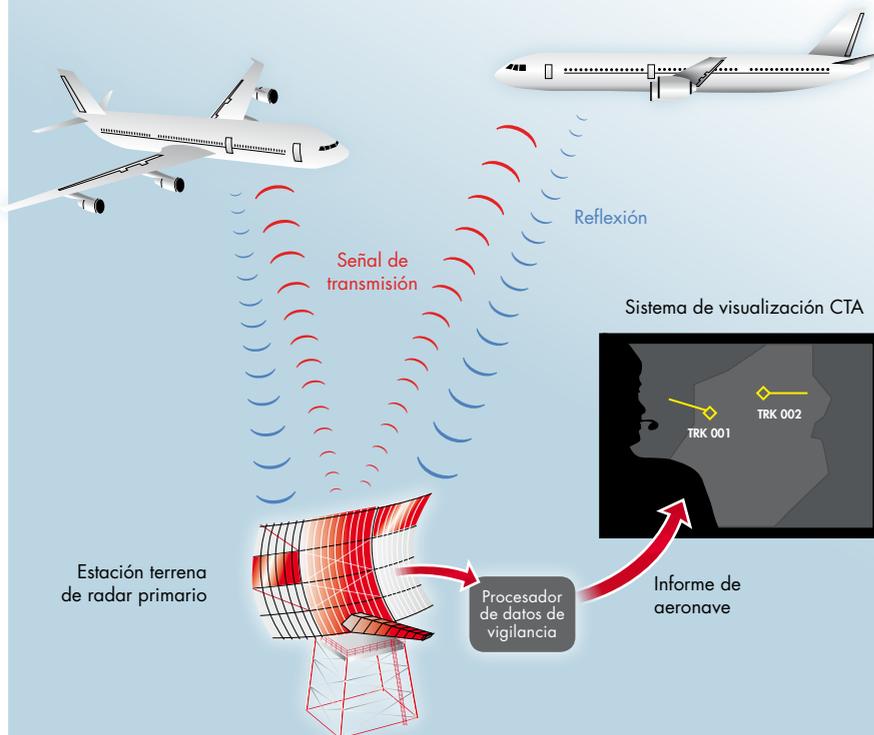
2.1 Radar primario de vigilancia (PSR)

El PSR se utiliza principalmente para la aproximación, y a veces para la vigilancia en ruta. Detecta la aeronave y su posición.

El PSR trabaja de la misma manera que un eco. El PSR está equipado con una antena en rotación continua, que envía un rayo de energía. Cuando el rayo de energía toca una aeronave, se refleja de nuevo hasta el radar, como un eco. Al medir el tiempo que tarda el haz en reflejarse y la dirección de la reflexión, el radar primario de vigilancia puede determinar la posición de la aeronave. La posición se envía al sistema de control del tráfico aéreo, y el controlador del tráfico aéreo puede visualizarlo como un trazado en el radar. Solo se puede determinar la posición de la aeronave. La aeronave no se identifica.

Se utiliza principalmente en torno a los aeropuertos, este radar también se utiliza en algunos países para la vigilancia en ruta.

La ventaja indiscutible del PSR es que detecta a todas las aeronaves dentro de su alcance aunque no tengan equipo de a bordo. Esto se conoce como vigilancia independiente. Esto significa que ninguna aeronave puede permanecer invisible a los controladores del tráfico aéreo. Este es el único tipo de tecnología actual que ofrece este nivel de seguridad y protección.



“

Estamos invirtiendo en lo que creemos que es la tecnología más avanzada disponible en el mercado hoy en día. Los nuevos sistemas de radar son totalmente compatibles con las normas internacionales y fortalecerán aún más la seguridad del espacio aéreo bielorruso. ”

Leonid Churo, DG Belaeronavigatsia,
9 de febrero de 2011

► PROS

- + Para la detección no se requiere ningún equipo de a bordo
- + Se puede utilizar para la vigilancia terrestre
- + Alto nivel de integridad de datos
- + Bajos costos de infraestructura = instalación en un solo sitio
- + Información meteorológica

► CONTRAS

- Las aeronaves no son identificadas
- Alcance limitado
- Baja tasa de actualización
- Se debe evitar en zonas montañosas
- Costo del equipo



UN VISTAZO A STAR2000 Y TRAC2000N

El radar primario de vigilancia STAR2000 de Thales, y el radar primario en ruta TRAC2000N proporcionan una vigilancia independiente para la aproximación, la aproximación extendida y las áreas en ruta.

Los radares primarios de Thales garantizan una disponibilidad muy alta, ya que han sido diseñados para las situaciones de tráfico aéreo más densas. El alcance de detección del STAR2000 y del TRAC2000N llegan hasta las 100 NM y las 230 NM, respectivamente.

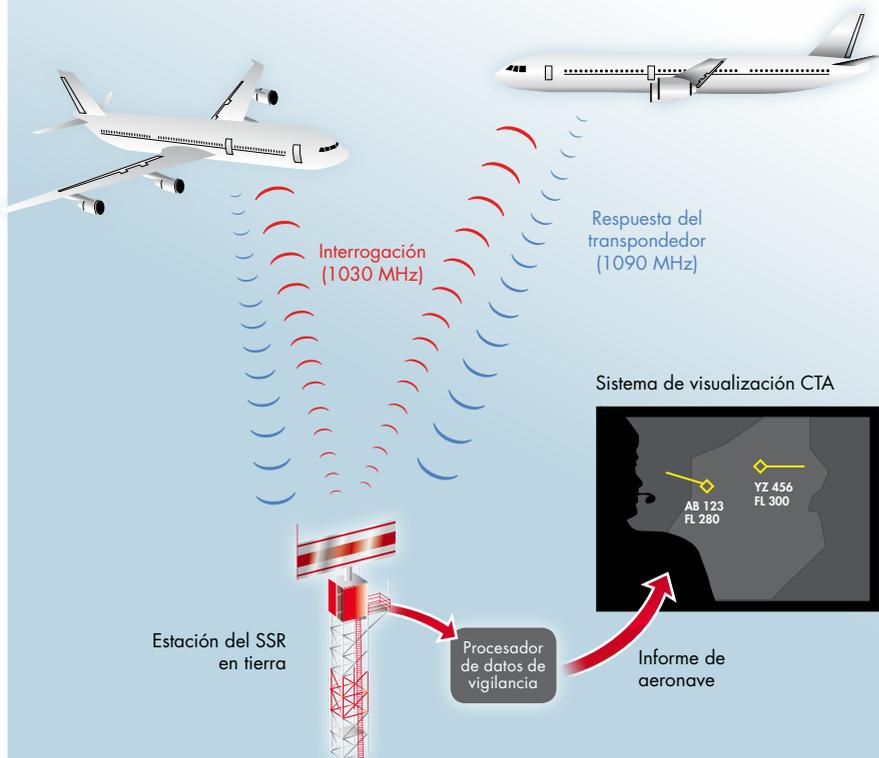
El STAR2000 y el TRAC2000N, cuya comprobada tecnología se encuentra en operación en más de 100 países de todo el mundo, se pueden implementar de manera independiente o montados junto a un radar secundario de vigilancia.

2.2 Radar secundario de vigilancia (SSR)

El SSR se utiliza para la vigilancia en ruta y en aproximación. Detecta una aeronave y su posición, y recibe informaciones adicionales, tales como su identidad y su altitud.

A diferencia del PSR, el SSR requiere que la aeronave esté equipada con un transpondedor a bordo. Con su antena en rotación continua, el SSR envía un haz de energía que interroga a la aeronave. Cuando el haz de energía toca a una aeronave, al radar se devuelve una respuesta codificada. Esta respuesta contiene la identificación de la aeronave, su altitud y, dependiendo del tipo de transpondedor a bordo, otras informaciones adicionales. Sin embargo, el SSR no se basa en el transpondedor para determinar

la posición de la aeronave. Esto lo determina por sí mismo midiendo el tiempo al radar, y en la dirección desde donde vuelve la reflexión. Entonces el SSR transmite toda esta información al sistema de control del tráfico aéreo, en el que se muestra como una etiqueta de aeronave. Los radares secundarios transmiten pulsos en 1030 MHz para activar los transpondedores instalados en los aviones, que responden a 1090 MHz.



“

El espacio aéreo de Nigeria está totalmente cubierto por el radar, como resultado de la cobertura total de radar del Proyecto Nigeriano del Espacio Aéreo (TRACON). Esto significa que ahora tenemos la tecnología para reducir al mínimo los desastres aéreos, y que podemos vigilar y proteger el espacio aéreo de Nigeria de entradas no autorizadas. ”

Goodluck Jonathon, presidente de la República Federal de Nigeria, 22 de octubre de 2010

► PROS

- + Se detecta la identidad y la altitud del objetivo, así como su alcance y su azimut
- + Menos sensible a las interferencias que el radar primario
- + Cubre un alcance mayor que el radar primario
- + El modo S introduce el enlace de datos aire-tierra
- + Nivel medio de integridad de datos

► CONTRAS

- No funciona para la vigilancia terrestre
- Problemas de confusión relacionados con el uso del modo A/C
- Baja velocidad de actualización, y latencia alta



UN VISTAZO AL RSM970S

Con más de 250 referencias operativas en más de 50 países, el radar secundario de vigilancia RSM 970 S es la vanguardia de la tecnología de radares, dando total apoyo a los controladores en situaciones de tráfico aéreo denso.

Treinta años de experiencia en el campo de MSSR/modo S le proporcionan a Thales la capacidad única de proponer el RSM 970 S, el sensor de mayor rendimiento que da soporte total al controlador en situaciones graves de tráfico aéreo. Las funciones del modo S cubren la interrogación selectiva, la vigilancia elemental y mejorada, y el enlace de datos completo.

El RSM970S tiene funcionalidades completas de modo S, validadas por la ICAO y por Eurocontrol, que convierten a la solución de radares Thales en una inversión segura para los ANSP (proveedores de servicios de aeronavegación).

Mode A/C/S

La información enviada por una aeronave depende del transpondedor a bordo. Si una aeronave tiene un transpondedor modo A/C, la respuesta codificada contendrá la identificación de la aeronave y la altitud. Todo esto funcionaba bien hasta que el tráfico aéreo creció más, y los radares se empezaron a confundir debido a la superposición de señales. Con el modo A/C, cuando un radar envía una interrogación, todas las aeronaves a su alcance responden. Por eso se introdujo el modo S, que da a cada aeronave su propia dirección única en todo el mundo (dirección de aeronave de 24 bits) para permitir la interrogación selectiva y adquirir identificación de aeronave por enlace descendente (comúnmente conocida como ID de vuelo). Este concepto fundamental se llama ELS (vigilancia básica modo S). El modo S también permite que las aeronaves envíen más información al radar.

Un concepto más reciente para el modo S es la EHS (vigilancia mejorada modo S). Se compone del ELS modo S complementado con la extracción de DAP (parámetros de enlace descendente de la aeronave) para su uso en la ATM (gestión del tráfico aéreo) en tierra.

2.3 Multilateración

La multilateración se puede utilizar para la vigilancia en ruta, la de aproximación a la terminal y la terrestre. Detecta las posiciones de las aeronaves y las identifica, y puede recibir información adicional.

Un sistema de multilateración se compone de varias balizas que reciben las señales que son emitidas por el transpondedor de la aeronave.

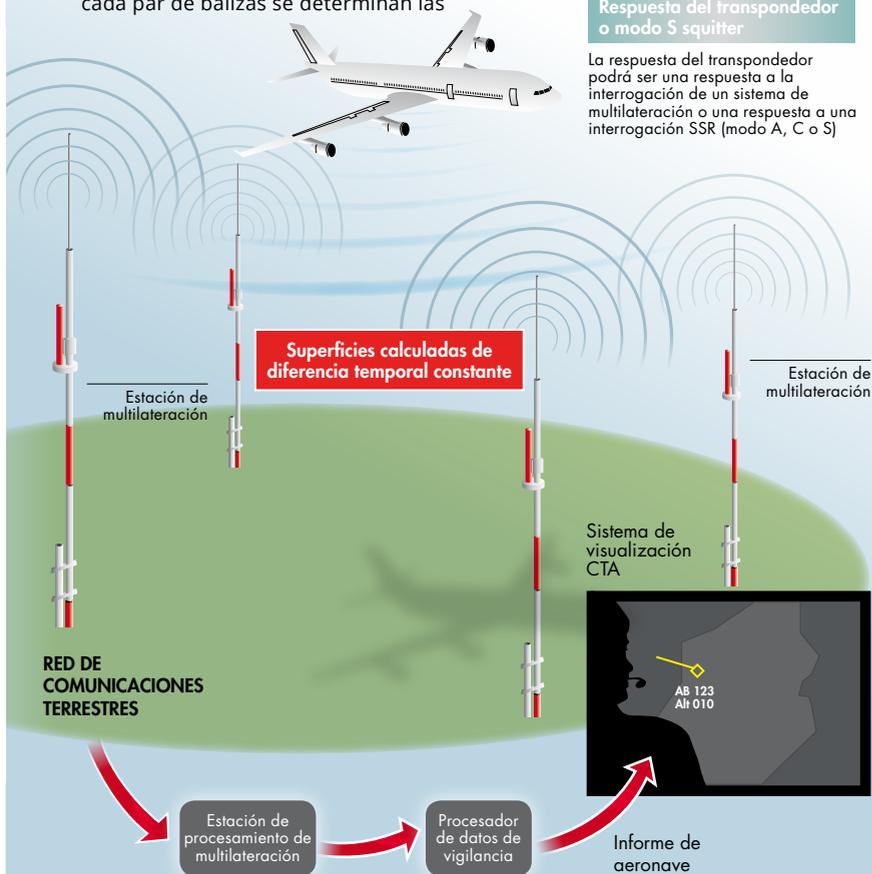
Estas señales pueden ser no solicitadas (squitters, o señales espontáneas) o señales de respuesta (modo A/C convencional y modo S) a las interrogaciones de una estación de multilateración. La localización se realiza gracias al principio de TDOA (diferencia de tiempo de llegada). Para cada par de balizas se determinan las

superficies hiperbólicas cuya diferencia en distancia a estas balizas es constante. La posición de la aeronave se encuentra en la intersección de estas superficies.

La multilateración (MLAT) se utiliza para la vigilancia de los movimientos en tierra, para las aproximaciones en el aeropuerto y para la vigilancia en ruta (WAM: multilateración de área amplia).

Respuesta del transpondedor o modo S squitter

La respuesta del transpondedor podrá ser una respuesta a la interrogación de un sistema de multilateración o una respuesta a una interrogación SSR (modo A, C o S)



“

Esta nueva tecnología de sensores para vigilancia proporciona datos mejorados de vigilancia para facilitar la labor operativa diaria de los controladores. [...] Proporciona más flexibilidad para introducir a los aviones en el área de aproximación alrededor del aeropuerto de Fráncfort, lo que ayuda a cumplir con la demanda de reducir el ruido en zonas densamente pobladas. ”

Dieter Kaden, presidente y CEO de DFS, 17 de septiembre de 2012

PROS

- + No requiere ningún equipo adicional en las aeronaves
- + Flexibilidad del sistema para expandir fácilmente la cobertura
- + Adecuado para entornos difíciles como las estaciones terrestres, se puede montar en todo tipo de lugares
- + Las instalaciones pasan desapercibidas gracias al pequeño tamaño del sistema
- + Instalación rápida y fácil
- + Apto para el espacio aéreo complejo y los aeropuertos congestionados con gran precisión y altas velocidades de actualización
- + Prevé la compatibilidad con ADS-B, que proporciona una solución de transición potencial antes de la implementación del ADS-B en las aeronaves
- + Cobertura de diferentes niveles de vuelo, incluyendo aeronaves volando bajo
- + Bajo costo del equipo terrestre
- + Bajos costos del ciclo de vida
- + Precisión estable
- + Actualización de la tasa por segundo
- + Ninguna parte giratoria
- + Alta confiabilidad: redundancia y diseño del sistema N-1

CONTRAS

- Costoso si se utiliza para grandes regiones
- Requiere de numerosos sitios, lo que puede generar altos costos de infraestructura
- Sistema de administración compleja: numerosos sitios, sincronización a través de todo el sistema, interrogaciones múltiples



UN VISTAZO A MAGS

MAGS, el sistema de multilateración de área amplia diseñado y construido por Thales Air Systems, es un versátil sistema único para suministrar monitoreo preciso de aproximación de superficie a las necesidades de vigilancia cooperativas en ruta. El sistema tiene una gran flexibilidad y escalabilidad para ajustar el desempeño a las necesidades del cliente, y puede funcionar en los entornos más exigentes. Altamente eficiente y seguro, el propósito principal del sistema WAM es ofrecer vigilancia secundaria de alta precisión y con alta tasa de actualización a los controladores del tráfico aéreo (modos degradados, sincronización dual, calificación de software SWAL3, alta precisión, frecuencia de actualización). Ha sido probado y calificado por la DFS alemana, los NATS británicos y la DGAC francesa.

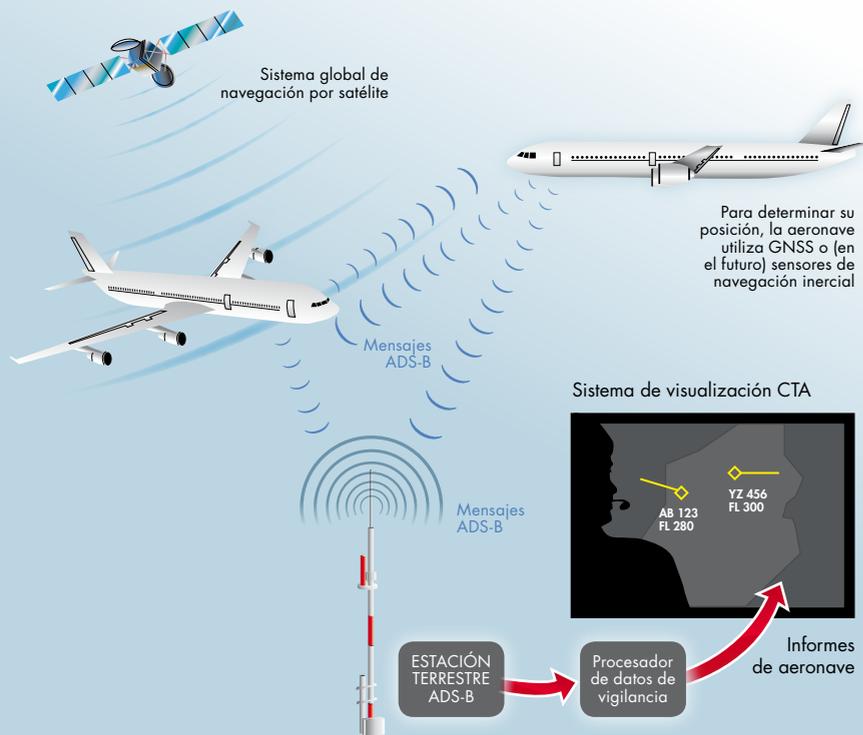
Después de un riguroso programa de pruebas, la DFS otorgó la Aceptación de Sitio al sistema Thales WAM para el TMA (área de maniobras de la terminal) de Fráncfort, uno de los espacios aéreos más complejos y activos de Europa y del mundo.

2.4 Vigilancia dependiente automática: transmisión (ADS-B)

La aeronave le comunica a todos los que puedan escuchar quién es, dónde está, adónde va y a qué velocidad.

Una aeronave utiliza el GNSS (sistema global de navegación por satélite) para determinar su posición, que se transmite junto con otra información a las estaciones terrestres. Las estaciones terrestres procesan y envían esa información al sistema de control del tráfico aéreo, que entonces muestra la aeronave en las pantallas de los controladores del tráfico aéreo. Una vez por segundo, la aeronave equipada con ADS-B emite su posición y otra información sin que intervengan los sistemas en tierra. Además de su po-

sición, la aeronave emite su altitud, su velocidad, su identidad y otras informaciones obtenidas de los sistemas a bordo. Una vez que las estaciones terrestres reciben esa información, la procesan y la envían al Centro de Control del Tráfico Aéreo para su visualización en las pantallas de controladores. Cualquier unidad receptora puede recibir y procesar las transmisiones del ADS-B, lo que significa que el ADS-B se puede utilizar para aplicaciones de vigilancia del control del tráfico aéreo tanto de tierra como aéreas.



“
Thales ADS-B en Australia está generando beneficios económicos, ambientales y de seguridad.”

Airservices Australia

► PROS

- + Los costos de adquisición e instalación para un solo sitio ADS-B son los más bajos en comparación con otros sistemas de vigilancia
- + Requisitos mínimos de infraestructura ya que la estación terrestre se puede instalar en la infraestructura existente, como los sitios de radio VHF, radar y ayuda a la navegación
- + Utilizado en aplicaciones de vigilancia tanto terrestres como aéreas
- + Enlace de datos terrestres/aéreos disponible
- + Baja latencia
- + Alta tasa de actualización (1 segundo)
- + Alta precisión (precisión de GPS)
- + Muy bajo costo de ciclo de vida
- + Intención disponible (altitud nivelada, próximo punto de paso, etc.)
- + El informe de cada posición se transmite con una indicación de la integridad asociada con los datos: los usuarios pueden determinar con qué aplicaciones pueden ser compatibles los datos
- + Inmune al multitrayecto

► CONTRAS

- Requiere que todas las aeronaves estén equipadas con squitter ampliado modo S
- Para determinar la posición y la velocidad se basa exclusivamente en el GNSS (sistema global de navegación por satélite)
- La posición de la aeronave se determina a bordo sin la validación independiente del sistema
- Los efectos ionosféricos alrededor del ecuador afectan al GNSS



UN VISTAZO AL AX/BX680

Los proveedores de servicios en Australia, Asia Pacífico, Europa y Norteamérica han seleccionado a las estaciones de tierra ADS-B de Thales para reforzar la vigilancia en el espacio aéreo tanto con radar como sin radar. La compañía también ha participado en varias pruebas para demostrar que los datos ADS-B se pueden utilizar para ampliar el conocimiento de la situación y mejorar la seguridad. En el mayor contrato de ADS-B hasta la fecha, Thales entregó 1200 sistemas para crear una red a nivel nacional en los Estados Unidos.

Thales se basa en los equipos de expertos en los Estados Unidos, Francia, Alemania e Italia para cumplir con el requisito de la FAA, que incluye un equipo terrestre de enlace dual, que contiene capacidades de enlace de datos UAT y de 1090 MHz.

Tecnologías de enlace de datos ADS-B

Se han desarrollado tres tecnologías de enlace de datos ADS-B: squitter ampliado modo S de 1090 MHz (1090ES), UAT (Universal Access Transceiver: transceptor de acceso universal) y enlace digital VHF modo 4 (VDL modo 4).

¿ADS-B IN o OUT?

ADS-B requiere que en la aeronave haya un equipo que transmita su posición y otras informaciones (función ADS-B OUT) y otro equipo en tierra (función ADS-B IN) que reciba esta información.

2.5 Vigilancia dependiente automática: contrato (ADS-C)

La aeronave envía un informe al Centro de CTA cuando se le solicita.

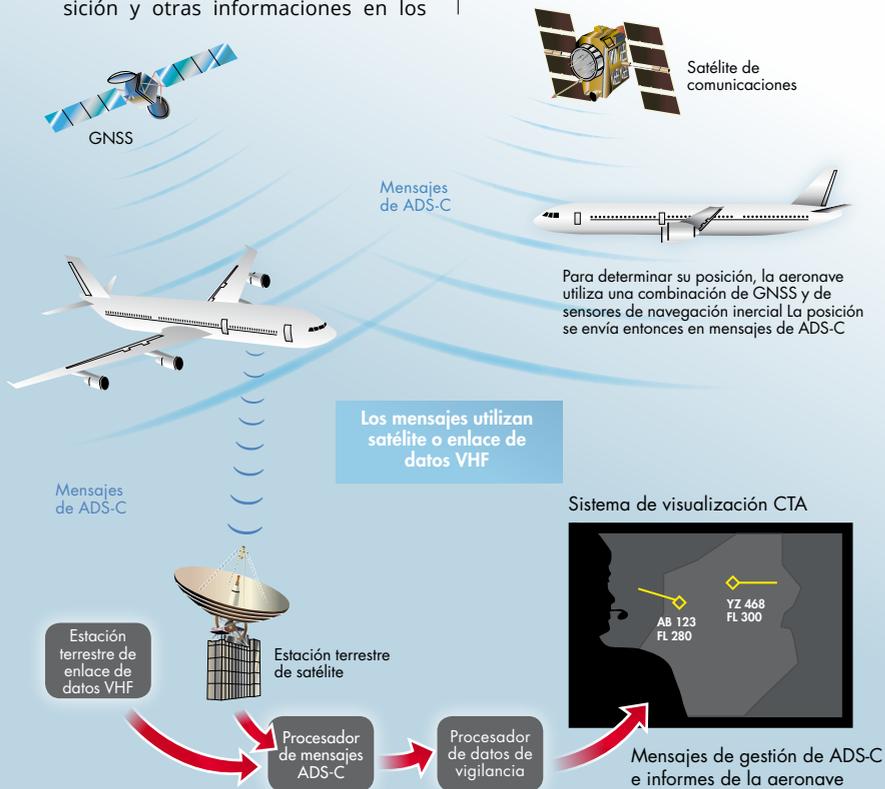
Para determinar su posición y otras informaciones, una aeronave utiliza GNSS (sistema global de navegación por satélite) o sistemas de a bordo. El Centro de CTA (Control del Tráfico Aéreo) establece un contrato con la aeronave, solicitándole que suministre esta información a intervalos regulares. La aeronave enviará esta información a la estación terrestre, que la procesará y la enviará al Centro de CTA para que sea visualizada en las pantallas del controlador del tráfico aéreo.

La aeronave equipada enviará su posición y otras informaciones en los

intervalos requeridos por el Centro de CTA a través de comunicaciones punto a punto con la estación terrestre. Esto significa que sólo recibirá la información el Centro CTA que estableció el contrato.

La aeronave enviará su posición, su velocidad, la ruta prevista y datos meteorológicos.

ADS-C proporciona vigilancia en las zonas donde otros medios de vigilancia son imprácticos o imposibles, tales como las regiones desérticas u oceánicas.



► PROS

- + Cobertura de vigilancia en zonas imprácticas o imposibles para otros sistemas de vigilancia, tales como las regiones desérticas u oceánicas
- + Información de "ruta esperada" disponible
- + Enlace de datos entre la aeronave y la tierra

► CONTRAS

- Requiere equipo adicional en la aeronave
- La información se entrega a las estaciones de tierra mediante un proveedor de servicio, lo que implica un costo
- Para determinar la posición de la aeronave y la velocidad se basa en parte en GNSS, que puede experimentar interrupciones
- No se admiten aplicaciones de vigilancia aérea, ya que la información no está disponible directamente para otras aeronaves
- Los medios de la comunicación determinan el desempeño de la vigilancia
- La posición de la aeronave se actualiza con menos frecuencia que en otros sistemas de vigilancia
- Errores del GNSS (sistema global de navegación por satélite): errores en los relojes de los satélites, efectos ionosféricos
- ADS-C no es compatible con los estándares de separación de 3 o 5 millas náuticas

UN VISTAZO A TOPSKY - DATALINK

La solución libre de riesgo TopSky - Datalink, implementada por Thales, permite a los clientes proporcionar vigilancia aérea completa en áreas desérticas u oceánicas. Thales es capaz de ofrecer ADS-C a través de FANS1/A+ y de ATN (red de telecomunicaciones aeronáuticas). Implementada globalmente en Australia, Chile, China, Francia, Indonesia, Irlanda, Singapur, Sudáfrica, Taiwán y ASECNA (Agencia para la Seguridad de la Navegación Aérea en África y Madagascar), TopSky - Datalink es una comprobada solución clave de enlace de datos para operaciones oceánicas y continentales. TOPSKY - Datalink integra las principales evoluciones funcionales y tecnológicas que resultan de SESAR y NextGen, que traerán mejoras visibles en los productos de automatización.

2.6 Resumen de la tecnología de vigilancia por sensores

	TECNOLOGÍA BASADA EN RADARES				TECNOLOGÍA BASADA EN SATÉLITES		OTROS
	PSR	SSR			ADS-B	ADS-C	Multilateración
Independiente o dependiente La posición de la aeronave se mide desde tierra (independiente) o se determina a bordo (dependiente)	Independiente	Independiente			Dependiente	Dependiente	Independiente
Cooperativa o no cooperativa La vigilancia requiere equipo en la aeronave (cooperativa) o no depende del equipo de la aeronave (no cooperativa)	No cooperativa	Cooperativa			Cooperativa	Cooperativa	Cooperativa
Sin transpondedor de la aeronave	Detección	-			-	-	-
Modo A	Detección	Detección e identificación			-	-	Detección e identificación
TRANSPONDEDOR DE LA AERONAVE Modo C	Detección	Detección e identificación			-	-	Detección e identificación
Modo S	Detección	Detección e identificación			-	-	Detección e identificación
ADS-B	Detección	-			Detección, identificación y posición	Detección, identificación y posición	-
Principal pro 	Detección de objetivos no cooperativos ya que no se requiere ningún equipo a bordo. Se puede utilizar para vigilancia terrestre. Alto nivel de integridad de datos.	Determinación de la identidad, la altitud, el alcance y el azimut. Menos sensible a las interferencias que el PSR. Su alcance es más importante que el del PSR (ya que la interrogación y la respuesta tienen que cubrir una distancia en un solo sentido). Modo S introduce el enlace de datos aire-a-tierra.			Se utiliza para aplicaciones de vigilancia de a bordo, seguimiento de vehículos y el CTA. Alta frecuencia de actualización (1 s al menos). Enlace de datos aire/tierra disponible. Baja latencia. Alta velocidad de actualización. Precisión posicional.	Utiliza vigilancia de área sin cobertura de radar. Información de "ruta esperada" disponible. Enlace de datos aire/tierra disponible.	Se puede utilizar tecnología de SSR (no necesita ninguna evolución de los equipos de a bordo). Adecuado para la vigilancia terrestre. Baja latencia. Alta velocidad de actualización. Precisión posicional. Fiabilidad alta.
Principal contra 	No se pueden identificar los objetivos. No se puede determinar la altitud del objetivo. Se requieren emisiones de alta potencia, lo que limita su alcance. Alta latencia y baja frecuencia de actualización.	No funciona para la vigilancia terrestre Alta latencia y baja frecuencia de actualización.			Solo depende de la aeronave (equipada o no) y de la corrección de datos que envía. Errores en la estampación de fecha y hora. Interrupciones de GPS.	Solo depende de la aeronave (equipada o no) y de la corrección de datos que envía. No todas las aeronaves están equipadas en este momento. Errores en la estampación de fecha y hora. Interrupciones de GPS.	Alta demanda en la infraestructura de comunicación de datos fiables.

2.7 Aplicaciones de la tecnología de vigilancia por sensores

PSR

- Aplicación de radar de movimiento en la superficie
- Vigilancia del área de la terminal
- Vigilancia en ruta.

SSR

- Vigilancia del área de la terminal
- Vigilancia en ruta
- Monitor de precisión en las pistas (PRM): Varios Estados utilizan estaciones terrestres especiales SSR para apoyar el monitoreo de precisión de la aproximación de pista hacia pistas paralelas.

ADS-B

- Movimiento de superficie
- Vigilancia de la TMA (área de maniobras de la terminal)
- Vigilancia en ruta
- PRM: ADS-B se muestra prometedor para usar en aplicaciones PRM cuando la aeronave está equipada, debido a que ADS-B cumple con la precisión, el funcionamiento del vector de velocidad y los requisitos de actualización de PRM. Sin embargo, en este momento no hay justificación de la seguridad ni se ha obtenido la aprobación de la ICAO para utilizar ADS-B para esta aplicación.

Multilateración

- ASMGCS: La multilateración se ha implementado en numerosos lugares en vigilancia de superficie para detectar y proporcionar la posición y la identidad a estos sistemas. Generalmente se utilizan 10 a 20 estaciones terrestres para proporcionar la cobertura de multilateración sobre toda la superficie del aeropuerto.
- Vigilancia de la TMA (área de maniobras de la terminal): La multilateración se muestra prometedora para usar en la aplicación de "área amplia", y un número de Estados tienen proyectos para implementar multilateración con este fin.
- Vigilancia en ruta: Vigilancia en ruta: la multilateración se puede utilizar en aplicaciones con "área muy amplia".
- PRM: La multilateración se muestra prometedora para su uso en aplicaciones de PRM cuando la aeronave está equipada, debido a que la multilateración cumple con la exactitud y requisitos de actualización de PRM.

ADS-C

- Vigilancia en ruta en áreas remotas u oceánicas.



2.8 Datos que facilita cada tecnología de vigilancia

A continuación se ofrece una breve descripción de la información que puede ser recibida y procesada por las tecnologías de vigilancia pertinentes

	PSR	SSR Modo A/C	SSR Modo S
Sin transpondedor	Posición, vector de velocidad calculada	Este sensor no puede proporcionar ningún dato	Este sensor no puede proporcionar ningún dato
Transpondedor modo A/C	Este sensor no puede proporcionar ningún dato	Posición, nivel de vuelo (barométrico), identidad octal de 4 dígitos, vector de velocidad calculada	Posición, nivel de vuelo (barométrico), identidad octal de 4 dígitos, vector de velocidad calculada
Transpondedor modo S con DAP (parámetros de enlace descendente de la aeronave)	Este sensor no puede proporcionar ningún dato	Posición, nivel de vuelo (barométrico), identidad octal de 4 dígitos, vector de velocidad calculada	Posición, nivel de vuelo (barométrico), identidad octal de 4 dígitos, código único de 24 bits, altitud seleccionada, identificador de vuelo, altitud seleccionada, ángulo de balanceo, tasa de ángulo de derrota, ángulo de derrota, velocidad respecto al suelo, rumbo magnético, velocidad indicada/n.º de Mach, tasa

	Multilateración	ADS-B	ADS-C
Sin transpondedor	Este sensor no puede proporcionar ningún dato	Si está equipado con ADS-B: Aeronave actual: Posición, nivel de vuelo (barométrico), integridad de posición, altitud geométrica (altitud de GPS), código único de 24 bits, identificador de vuelo, vector de velocidad, tasa vertical, banderas de emergencia, categoría de tipo de aeronave. El DO260A, totalmente compatible, añadirá un número de campos de datos	Si está equipado con ADS-C: Posición, altitud, identificador de vuelo, banderas de emergencia, eventos de punto de paso, estimaciones de punto de paso, "datos de intención" limitados
Transpondedor modo A/C	Posición, nivel de vuelo (barométrico), altitud calculada, identidad octal de 4 dígitos, vector de velocidad calculada		
Transpondedor modo S con DAP (parámetros de enlace descendente de la aeronave)	Posición, nivel de vuelo (barométrico), identidad octal de 4 dígitos, código único de 24 bits, altitud seleccionada, identificador de vuelo, altitud seleccionada, ángulo de balanceo, tasa de ángulo de derrota, ángulo de derrota, velocidad respecto al suelo, rumbo magnético, velocidad		

2.9 Sistema de seguimiento

Un centro de automatización CTA tomará los datos integrados enviados por numerosos sensores de vigilancia.

La regla de un sistema de seguimiento es entonces procesar y unificar todos los tipos de datos de vigilancia, con el fin de proporcionar información fusionada a la visualización y a los sistemas de redes de seguridad.

La definición de un nuevo conjunto de normas de vigilancia ha permitido el surgimiento de una infraestructura posradar basada en la tecnología de enlace de datos. La integración de

esta nueva tecnología en las arquitecturas de puerta a puerta, tiene sobre todo los fines siguientes:

- guiar el flujo del tráfico aéreo, que está creciendo continuamente,
- aumentar la seguridad en relación con las operaciones de aeronaves,
- reducir los costos globales (el costo del combustible está aumentando rápidamente y esto parece ser una tendencia a largo plazo), y
- reducir la radiación de radio y mejorar la situación ecológica.

El sistema de seguimiento de múltiples sensores combina los datos recibidos que pertenecen a una única aeronave en una pista de vigilancia única, aprovechando la mejor contribución de cada fuente de vigilancia, y eliminando la influencia de sus respectivos inconvenientes.



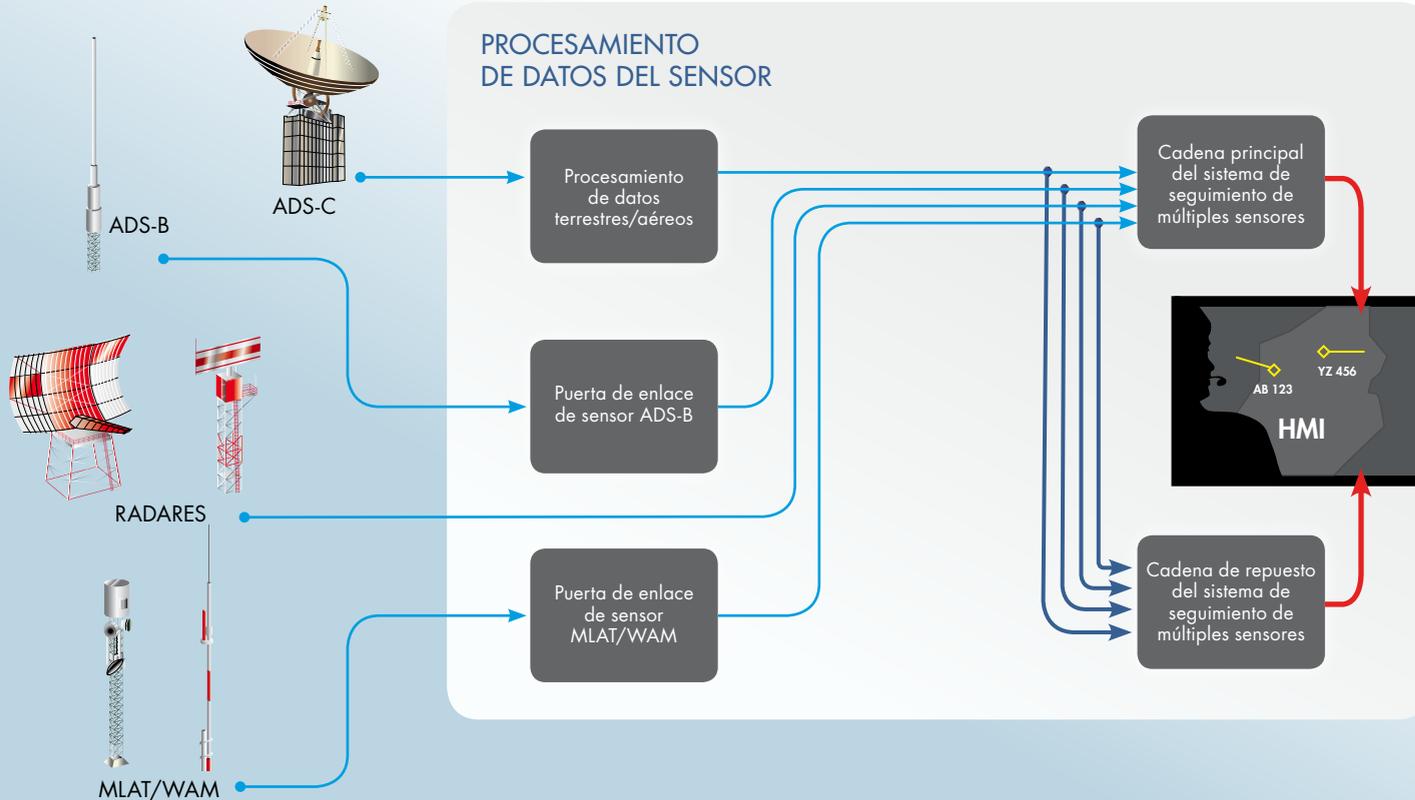
UN VISTAZO A TopSky-Tracking

Con una experiencia de más de 20 años, el sistema de seguimiento TopSky de Thales está comprobado en el campo con el mayor número de sistemas operativos en el mundo.

El sistema recibe y procesa todos los tipos de datos de vigilancia desde PSR, SSR, Modo S, Modo A/C, ADS-B, WAM (multilateración de área amplia) y sensores de superficie (SMR, multilateración del aeropuerto, pistas SMGCS).

En las aeronaves cooperativas, la información significativa se presenta como DAP (parámetros de enlace descendente de la aeronave) proveniente de la aviónica de la aeronave. La función de seguimiento de TopSky procesa los datos de DAP y también los almacena en los mensajes de salida para que lo usen las funciones de procesamiento de datos más adelante.

La técnica de fusión de datos utilizada dentro de la función de seguimiento de TopSky se basa en el uso de algoritmos EKF (filtro extendido de Kalman), que constituyen un filtro de IMM (modelo de interacción múltiple). Las características del filtro de Kalman están particularmente adaptadas para una evaluación de la trayectoria de la aeronave e integran la capacidad de predecir el movimiento de la aeronave.



3.1 ¿Por qué vigilancia global?	32
3.2 Soluciones de vigilancia global	33
3.3 Racionalización	36
3.4 Herramientas de validación y simulación	40

3.1 ¿Por qué vigilancia global?

Los proveedores ANSP se enfrentan hoy a un dilema: elegir entre las tecnologías de vigilancia convencionales y las nuevas tecnologías de vigilancia.

Por un lado, las tecnologías convencionales (generalmente los radares primarios y secundarios), son altamente maduros, ampliamente implementados y en mejora continua.

Por otro lado, las nuevas tecnologías de vigilancia (tales como ADS-B, ADS-C y multilateración) están madurando con creciente implementación operacional.

Tecnologías de vigilancia



Una infraestructura de vigilancia está diseñada para proporcionar la funcionalidad y el desempeño necesarios para admitir un servicio de control del tráfico aéreo seguro, eficiente y rentable.

En el pasado reciente, la infraestructura de vigilancia estaba compuesta por un SSR (radar secundario de vigilancia) y por PSR (radares primarios de vigilancia). Los requisitos que se exigían a la infraestructura se basaban en el uso de radares para cumplir los requisitos de rendimiento específicos de los radares.

Desarrollos tecnológicos recientes, tales como la ADS-B (vigilancia dependiente automática: transmisión) y MLAT (multilateración) han alcanzado la madurez para la implementación operativa en aplicaciones de vigilancia, y se han generado los estándares relevantes.

Debido a la naturaleza de estas nuevas tecnologías, los requisitos técnicos no pueden seguir siendo expresados en términos de requisitos de rendimiento específicos para radares.

Al mismo tiempo, los nuevos objetivos de rendimiento y los correspondientes requisitos operacionales surgen de iniciativas del cielo único europeo.

El entorno en el que los ANSP proporcionan su servicio de vigilancia es, en todos los aspectos, un entorno de continua presión.

En el alcance de cualquier ejercicio de racionalización se pueden considerar numerosos factores.

Se han desarrollado metodologías y herramientas para apoyar a los ANSP en la toma de decisiones y para optimizar la infraestructura de vigilancia con respecto a los atributos de varias tecnologías de vigilancia: este es el concepto de las soluciones globales de vigilancia.

3.2 Soluciones globales de vigilancia

Un proveedor de soluciones globales de vigilancia combinará el estado de las tecnologías más avanzadas para encontrar la combinación de soluciones de vigilancia que mejor se adecue a las necesidades de los ANSP.

Cualesquiera que sean las dificultades geográficas o el nivel del tráfico, los ANSP deben tener la capacidad de vigilancia más adecuada:

- En primer lugar se deben centrar en las necesidades y no en los productos;
- Se debe considerar una oferta completa de seguridad y protección del espacio aéreo, desde tierra hasta en ruta;
- Es obligatoria la excelencia en el desempeño y la eficiencia de costos mediante una solución optimizada;
- Se requieren varias salidas para aliviar interfaz a cualquier sistema ATM;
- Herramientas de validación y una simulación comprobada de sensores múltiples, diseñada especialmente, ayudan a optimizar el diseño del sistema.

El proveedor de soluciones globales de vigilancia tiene para asistir a los clientes a definir la mejor solución para satisfacer sus necesidades.

- Definición de la cobertura de vigilancia deseada
- Identificación de las limitaciones relacionadas con el sitio: Cobertura complicada y restricciones del terreno / Rellenado de espacios
- Identificación de las restricciones operativas: la accesibilidad de los sitios, los sistemas existentes, las comunicaciones limitadas

- Modelado de la infraestructura de vigilancia para cubrir nuevas rutas. Se deben tener en cuenta varios criterios con el fin de proporcionar la solución óptima, como los requisitos operacionales, densidad del tráfico medio y máximo, el presupuesto (actual y futuro), el entorno (terreno, propagación...), así como los objetivos de seguridad y protección.

La optimización del sistema de vigilancia global se basa en varias evaluaciones:

- Los índices de desempeño (probabilidad de detección / identificación correcta, precisión de la localización)
- Evaluaciones de costos (adquisición de equipos, operaciones, mantenimiento)
- Huella externa (ocupación espectral, impacto ambiental).

Los sistemas de vigilancia global son una manera eficiente de combinar varias tecnologías, y repartir entre las capas de vigilancia una parte de la carga de los "auxiliares" tales como:

- Infraestructura (torre, antenas, etc.)
- Fuentes de energía (fuentes de alimentación, etc.)
- Enlaces de comunicación



Con frecuencia PSR y SSR se instalan en una instalación conjunta. También las tecnologías alternativas se podrían implementar en una infraestructura integrada.

Normalmente se puede considerar:

- la integración de un receptor ADS-B en un SSR
- la integración de una capacidad ADS-B en una estación WAM
- la integración de una estación de PSR y un ADS-B + WAM en un sistema común

ADS-B + SSR modo S

Se pueden considerar varios enfoques para integrar un receptor ADS-B en un SSR y, dependiendo del fabricante del sistema, hay diferentes soluciones disponibles en el mercado. Se diferencian según la posición de la antena del ADS-B en comparación con la antena del SSR.

El beneficio de un sistema SSR-ADS-B en comparación con un SSR estándar (o modo S) es que proporciona una mejor adquisición y seguimiento del

desempeño de una aeronave equipada con ADS-B (debido a la mayor frecuencia de actualización del ADS-B). Proporciona también una manera de evaluar la integridad de los datos del ADS-B, o – en un período de transición – para monitorear la calidad y la tasa de equipamiento de los transpondedores de las aeronaves.

ADS-B + WAM

La integración de la ADS-B y WAM se puede lograr muy fácilmente, ya que ambos sistemas pueden utilizar la misma antena de recepción de RF y el mismo hardware de digitalización. La doble funcionalidad del ADS-B y de la estación terrestre de multilateración es una gran ventaja. Esta capacidad se reconoce en los documentos de normalización de Eurocae (como el ED-142). Se sabe que un sistema

WAM también puede proporcionar la recepción de datos y la capacidad de manejo del ADS-B.

Por lo tanto, la capacidad ADS-B se puede ofrecer como un agregado simple de software a los equipos WAM.

Algunos fabricantes de sistemas incluyen esta capacidad en su oferta de WAM.

La consecuencia es la capacidad de ofrecer servicio y aplicación de ADS-B a un costo adicional ínfimo, cuando se ha implementado un sistema de vigilancia WAM.

Por el contrario, permite una extensión de servicio sin problemas de ADS-B a WAM, cuando se implementa una configuración terrestre de ADS-B. Dicha extensión implicará:

- la implementación (si fuera necesaria, dependiendo del terreno y de la cobertura requerida) de estaciones adicionales de WAM para garantizar el nivel adecuado de de-

sempño, por ejemplo, la precisión, y la actualización del software de las actuales estaciones ADS-B para hacer el WAM idóneo.

ADS-B + WAM + PSR

Una mayor integración de las capacidades de PSR y de WAM-ADS-B en un sistema común, es un concepto atractivo que ofrece el servicio de un sistema de vigilancia global (no cooperativa, cooperativa independiente y cooperativa dependiente).

La implementación de tales sistemas de vigilancia global se podría prever:

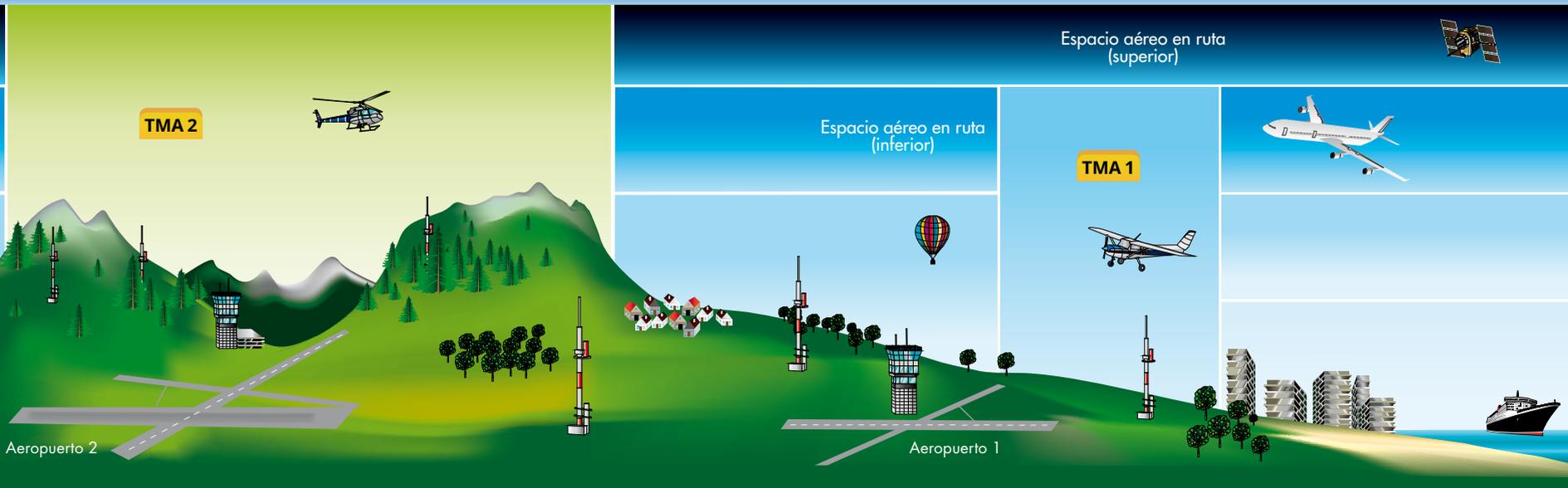
- ya sea como una actualización de los sistemas de vigilancia basados en las tecnologías WAM-ADS-B, ofreciéndoles además la posibilidad de la vigilancia no cooperativa
- o bien en una implementación directa, para el equipamiento de nuevos espacios aéreos y nuevos aeropuertos.

WAM: "Enfoques difíciles"

Modo S SSR: "enfoques fáciles", las zonas costeras

ADS-B: espacio aéreo superior,

aplicaciones avanzadas, redundancia



3.3 Racionalización



Un paso necesario para el ANSP es medir o cuantificar en qué medida se necesita la racionalización, o – si se evalúa después del evento –, que cantidad de racionalización se consiguió.

Las actividades de racionalización pueden centrarse en mejorar toda una serie de KPA (áreas clave de rendimiento).

Actualmente no hay definiciones estandarizadas métricas publicadas o cifras de rendimiento consensuadas sobre la ATM para la racionalización de la infraestructura de vigilancia. Los ANSP pueden evaluar su infraestructura de vigilancia en relación con estos KPA genéricos y definir objetivos para sus mejoras que contribuyan a la mejora general prevista de la ATM.

Las áreas clave de rendimiento cubren:

- **CAPACIDAD:** El futuro sistema de ATM debería proporcionar la capacidad para satisfacer la demanda en los momentos cuando y donde sea necesario.
- **RENTABILIDAD:** El precio de los servicios del tráfico aéreo prestados por el futuro sistema ATM debe ser rentable con respecto a las necesidades individuales de los usuarios del espacio aéreo correspondiente.
- **EFICIENCIA:** La eficiencia se refiere a la rentabilidad operativa y económica de las operaciones de vuelo desde la perspectiva de un solo vuelo, y será fundamental para el logro de los objetivos de desempeño ambiental, los cuales serán colocados sobre el futuro sistema de ATM.

- **SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL:** El desempeño futuro del sistema ambiental será un requisito y el futuro sistema ATM deberá cumplir con sus obligaciones a este respecto.
- **FLEXIBILIDAD:** La flexibilidad se refiere a la capacidad del sistema para satisfacer de manera dinámica todas las modificaciones de los requisitos de vigilancia.
- **INTEROPERABILIDAD:** La funcionalidad y el diseño del futuro sistema ATM deben basarse en la utilización de principios y estándares globales uniformes, para garantizar la interoperabilidad técnica y operativa.
- **PREVISIBILIDAD:** Se refiere a la capacidad del futuro sistema ATM para permitir que los usuarios del espacio aéreo presten servicios de transporte aéreo consistentes y confiables.

- **SEGURIDAD:** La seguridad requiere la más alta prioridad en la aviación y la prestación de servicios del tráfico aéreo. Desempeña un papel clave para garantizar la seguridad de la aviación general. La sociedad siempre espera cero accidentes en la industria de la aviación en su conjunto, y el rendimiento desde esta perspectiva establece la confianza de los clientes finales en el transporte aéreo.
- **PROTECCIÓN:** La protección se refiere a la defensa contra las amenazas directas e indirectas, ataques y actos de interferencia ilícita al sistema ATM.
- **DESEMPEÑO HUMANO:** Un sistema de vigilancia eficaz y capaz conduce a la mejora de la eficiencia del controlador del tráfico aéreo.

KPA	PSR	SSR	ADS-B	WAM	Solución híbrida
CAPACIDAD	<ul style="list-style-type: none"> PSR cumple con las necesidades de capacidad actual y futura 	<ul style="list-style-type: none"> El modo S puede mejorar la capacidad vertical 	<ul style="list-style-type: none"> Apoya la separación reducida, y por lo tanto, la capacidad incrementada en baja altitud o en espacios aéreos densos 	<ul style="list-style-type: none"> Apoya la separación reducida, y por lo tanto, la capacidad incrementada en baja altitud o en espacios aéreos densos 	<ul style="list-style-type: none"> Apoya la separación reducida en un desempeño homogéneo, y por lo tanto, también la capacidad incrementada en baja altitud o en espacios aéreos densos
RELACIÓN COSTO EFICACIA	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología probada, costos limitados no recurrentes Ciclo de vida aún costoso en comparación con otras tecnologías de vigilancia 	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología probada, costos limitados no recurrentes 	<ul style="list-style-type: none"> Altamente rentable 	<ul style="list-style-type: none"> Costo generalmente mejorado gracias a una flexibilidad mejorada 	<ul style="list-style-type: none"> Rentabilidad altamente mejorada vs. PSR + SSR
EFICIENCIA	<ul style="list-style-type: none"> La transición del amplificador a partir de los tubos de estado sólido mejora la huella de radiofrecuencia Uso del procesamiento digital para mejorar continuamente el rendimiento Superposición de la cobertura a gran altura La transmisión de alta potencia todavía impacta huella de radio frecuencia y las limitaciones de implementación 	<ul style="list-style-type: none"> No hay pérdida de información. El modo S (EHS, ELS) mejora la eficiencia de SSR 	<ul style="list-style-type: none"> Neutral sobre la eficiencia del espectro y de la vigilancia 	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia de la vigilancia mejorada Potencial impacto negativo en la eficiencia del espectro en algunas áreas debido al aumento de interrogaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia del espectro y de la vigilancia mejoradas
MEDIO AMBIENTE	<ul style="list-style-type: none"> Infraestructura necesaria significativa Potencialmente afectada por las turbinas de viento 	<ul style="list-style-type: none"> Infraestructura necesaria significativa Potencialmente afectada por las turbinas de viento 	<ul style="list-style-type: none"> Activador para trayectorias con menor consumo de combustible e impacto de ruido reducido. Mucho menos huella visual que los radares 	<ul style="list-style-type: none"> Activador para trayectorias con menor consumo de combustible e impacto de ruido reducido. Mucho menos huella visual que los radares 	<ul style="list-style-type: none"> Activador para trayectorias con menor consumo de combustible e impacto de ruido reducido. Mucho menos huella visual que los radares
FLEXIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> La más conveniente para la vigilancia de largo alcance y gran altitud Capacidad limitada de adaptación al cambio de las rutas aéreas debido a la importante infraestructura necesaria 	<ul style="list-style-type: none"> La más conveniente para la vigilancia de largo alcance y gran altitud Capacidad limitada de adaptación al cambio de las rutas aéreas debido a la importante infraestructura necesaria 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema distribuido permite una implementación flexible La alta velocidad de actualización permite una gestión flexible de la trayectoria 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema distribuido permite una implementación flexible La alta velocidad de actualización permite una gestión flexible de la trayectoria 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema distribuido permite una implementación flexible La alta velocidad de actualización permite una gestión flexible de la trayectoria
INTEROPERABILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Uso del formato ASTERIX Separación de frecuencias/distancias requeridas entre dos PSR 	<ul style="list-style-type: none"> Uso del formato ASTERIX Agrupación de SSR modo S 	<ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidad limitada debido al restringido equipamiento de las aeronaves, y al doble estándar en algunas regiones del mundo (por ejemplo, 1090/UAT) 	<ul style="list-style-type: none"> Impacto positivo en la interoperabilidad, como WAM capaz de rastrear cualquier objetivo equipado con transponder 	<ul style="list-style-type: none"> Alto impacto en la interoperabilidad, capaz de rastrear cualquier objetivo en el aire
PREVISIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología comprobada mediante la experiencia No depende de los transpondedores a bordo El rendimiento depende de los efectos de propagación 	<ul style="list-style-type: none"> No hay pistas falsas Depende de los transpondedores a bordo El rendimiento depende de los efectos de propagación 	<ul style="list-style-type: none"> La previsibilidad puede no ser óptima en el período de transición debido a la persistencia de transpondedores "no certificados" y con bajo rendimiento El rendimiento depende de los efectos de propagación 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la previsibilidad paulatina, la diversidad espacial, etc. El rendimiento depende de los efectos de propagación 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la previsibilidad debido a la degradación paulatina, la diversidad espacial y de frecuencia, etc. El rendimiento depende de los efectos de propagación
SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> No depende de los transpondedores a bordo Sistema de diseño redundante Cobertura pobre a altitud baja en algunas configuraciones 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de alto valor añadido (uso de DAP y EHS modo S) Sistema de diseño redundante Depende de los transpondedores a bordo Pobre cobertura a baja altura en algunas configuraciones 	<ul style="list-style-type: none"> Sujeto a la interrupción o interferencia del GPS, y a las fallas en la aviónica 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la seguridad debido a la degradación paulatina, la diversidad espacial, etc. Sin embargo todavía hay algunas limitaciones (en comparación con las fallas del transpondedor) 	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad muy mejorada, ya que no hay más debilidades identificadas
SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología de vigilancia no cooperativa Cobertura pobre a altitud baja en algunas configuraciones 	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología de vigilancia no cooperativa Cobertura pobre a altitud baja en algunas configuraciones 	<ul style="list-style-type: none"> Sujeto a múltiples amenazas, por ejemplo, interrupciones de GPS, spoofing, apagado deliberado de los transpondedores, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Equivalente al SSR. Sin embargo todavía quedan problemas importantes contra diversos tipos de amenazas, como confiar en la cooperación de la aeronave 	<ul style="list-style-type: none"> Protección muy mejorada, ya que no hay más debilidades identificadas
DESEMPEÑO HUMANO	<ul style="list-style-type: none"> HMI eficiente comprobada Requiere controladores de CTA calificados 	<ul style="list-style-type: none"> HMI eficiente comprobada con información de alto valor agregado 	<ul style="list-style-type: none"> Permite una mejor previsión de los conflictos o de la pérdida de adherencia en las trayectorias de los contratos, por lo tanto, reduce la carga de trabajo del ATM 	<ul style="list-style-type: none"> Permite una mejor previsión de los conflictos o de la pérdida de adherencia en las trayectorias de los contratos, por lo tanto, reduce la carga de trabajo del ATM 	<ul style="list-style-type: none"> Reduce la carga de trabajo del ATM mediante una mejor anticipación de cualquier situación crítica

3.4 Herramientas de simulación y validación

Para ofrecer soluciones de vigilancia seguras y óptimas, es obligatoria la disponibilidad de modelos técnicos y económicos validados, y de herramientas de evaluación.

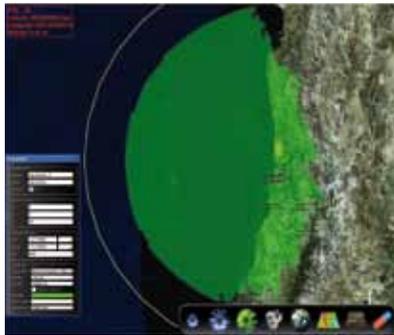
Para apoyar cualquier ANSP que quiera desarrollar su arquitectura de vigilancia, se ha desarrollado un conjunto integral de herramientas de simulación con las siguientes funciones:

- Implementación de las necesidades de vigilancia del ANSP y su entorno
- Definición de los índices de rendimiento y escenarios
- Desarrollo de una solución potencial, independiente de los fabricantes
- Evaluaciones de costos (adquisición y operación)



Herramientas de modelado del rendimiento

Una herramienta de modelado del rendimiento calcula los índices de rendimiento de los sistemas de sensores múltiples, tales como WAM o MSPSR o sistemas de monosensor, como PSR/SSR/ADS-B. La herramienta es capaz de calcular la cobertura no cooperativa que fusiona los datos aportados por diferentes PSR y por el sistema MSPSR, y la cobertura cooperativa que fusiona los datos aportados por diferentes SSR, ADS-B y el sistema WAM. Entonces el sistema simula el proceso de seguimiento de múltiples sensores y la fusión de datos. El usuario también puede ver y mostrar la configuración seleccionada.



Herramientas de modelado económico: valoración global de soluciones y costos



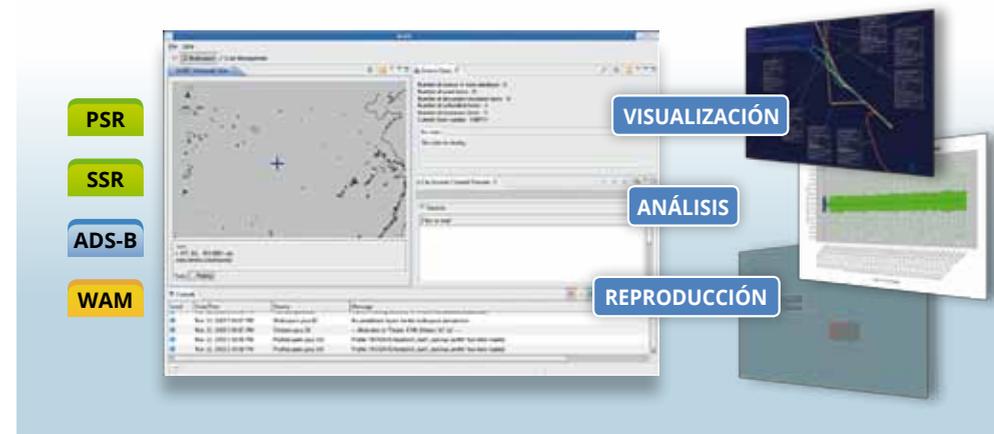
Herramientas de visualización, análisis y reproducción

Estas herramientas validan y monitorean la solución de vigilancia global a través del análisis de situaciones grabadas del tráfico aéreo, basadas en tres características principales:

- Visualización: Gráfica y traza desde diferentes fuentes, ASTERIX y formatos específicos de radar, visualización tabular y de situación en el aire, filtrado de datos con diferentes

- criterios, imágenes (JPEG, PNG, PS), exportación de datos en XML y CSV
- Capacidades completas de reproducción y selección de velocidad
- Análisis: estimación de ruido y sesgo, visualización de gráfico de valor del sesgo y características de la pista, estadísticas de sensores y resultados de la evaluación del desempeño del seguimiento

Funcionalidades de DART (herramienta de visualización, análisis y reproducción), desarrollada por Thales



Conjunto de herramientas de análisis de la vigilancia aérea y terrestre

1/ Generación de trayectoria basada en

- Escenario móvil: simulación de la plantilla de móvil 3D
- Escenario de sensor (características estándar y específicas por tipo de sensor)
- Escenario de entorno (gestión del diseño del aeropuerto, zonas de sombreado, multitrajecto, etc.)
- Escenario de la trayectoria

2/Reconstrucción de la trayectoria

- Informes del sensor y el encadenamiento de las actualizaciones de seguimiento
- Procesamiento de relleno de espacios
- Suavizador de trayectoria

3/ Evaluación del desempeño de sensor y rastreador

- Cálculo de rendimiento de sensor para radares de aproximación y en ruta (PSR, SSR, CMB, modo S), radar de movimiento en superficie (SMR), MLAT / sistema WAM, estaciones en tierra ADS-B
- Evaluación del rendimiento del rastreador (métricas de integridad, exactitud, latencia y continuidad, de acuerdo con las reglas del ESSASP)
- Verificación de normas internacionales específicas para los ANSP, tales como EUROCONTROL, MIT, EUROCAE y FAA.

4.1 Fráncfort, sistema de multilateración de área amplia.....	44
4.2 EE. UU., cobertura nacional de ADS-B.....	45
4.3 Australia	46
4.4 México	46
4.5 Namibia	47



4.1 TMA de Fráncfort del Meno, sistema WAM

El sistema PAM (monitoreo de aproximación de precisión) es el primer sistema operacional WAM en Alemania, y ha sido diseñado específicamente para entornos altamente congestionados. Ofrece tasas de actualización casi cinco veces más rápidas que las de un radar convencional, y proporciona controladores con conocimiento mejorado de la situación y una mayor flexibilidad para ingresar a las aeronaves en el área de aproximación alrededor del aeropuerto de Fráncfort. El PAM WAM comprende un total de 37 estaciones terrestres, 15 transmisores y 37 receptores, instalados alrededor de 34 espacios individuales. Los datos de vigilancia de alta precisión se generan a través de

un área de cobertura de 128 por 80 NM, que comienzan desde el suelo del aeropuerto de Fráncfort y superan la altitud de crucero de una aeronave. Alrededor de los aeropuertos de Fráncfort y de Hahn, el límite más bajo de detección es de 500 pies por encima del suelo, aumentando hasta 1000 pies sobre el suelo dentro del área de aproximación de la terminal. El área restante está cubierta desde los 3000 pies sobre el suelo.

La DFS aprobó su aceptación de sitio final a principios de septiembre de 2012. Está previsto que se vuelva operativa en abril de 2013, previa aprobación de la Autoridad Federal de Supervisión de Alemania para Servicios de Navegación Aérea (BAF). ■



4.2 Estados Unidos, cobertura nacional de ADS-B



Cada día, unos 87.000 vuelos cruzan los cielos de los Estados Unidos. Según la FAA, en 2025 ese número se elevará a más de 128.000 vuelos al día. Por desgracia, el sistema terrestre de control actual de radares del tráfico aéreo que ha funcionado tan bien en los Estados Unidos durante los últimos 60 años ha llegado al límite de su capacidad de crecimiento. Simplemente no puede mantenerse a la par de la demanda esperada.

NextGen está transformando el Sistema Nacional del Espacio Aéreo (NAS) de los Estados Unidos para satisfacer las necesidades futuras y evitar atascos en el cielo y en los aeropuertos. La FAA ha iniciado una continua implementación de nuevas capacidades y tecnologías que reduzcan los retrasos, volver el tráfico aéreo más eficiente y minimizar el impacto de la aviación sobre el medio ambiente. Los vuelos serán más predecibles, más silenciosos, más limpios y con más eficiencia de combustible, y lo más importante: más seguros.

Como miembro clave del equipo de ITT, Thales suministra unas 1600 estacio-

nes ADS-B para la cobertura a nivel nacional en los Estados Unidos, así como TopSky-Tracking, el rastreador de sensores múltiples para la fusión confiable de objetivos de ADS-B y radar.

Este sistema de vigilancia por satélite aportará una mayor precisión y fiabilidad a los cielos de los Estados Unidos. Los pilotos se beneficiarán del conocimiento mejorado de la situación. Los controladores podrán reducir la separación entre aeronaves y aumentar así la capacidad del espacio aéreo. Las aeronaves volarán rutas más directas, lo que reducirá el consumo de combustible.

ADS-B ya está apoyando las 9000 operaciones diarias de helicópteros en el Golfo de México, lo que permite que los vuelos continúen incluso en condiciones de poca visibilidad. UPS utiliza ADS-B en su centro de operaciones en Kentucky, y cuando ADS-B se aplique plenamente, espera alcanzar una reducción anual de combustible de 800.000 litros, un 30 % de disminución en el ruido y un 34 % de reducción en las emisiones. ■

4.3 Australia

El espacio aéreo controlado por TAAATS (The Australian Advanced Air Traffic System) cubre 56 millones de kilómetros cuadrados y controla más de tres millones de movimientos del tráfico aéreo al año. Mientras existe cobertura de radar casi completa a lo largo de la costa este de Australia, y la mayor parte del tráfico aéreo comercial en Australia está actualmente



bajo cobertura radar, más del 90 % del espacio aéreo australiano está fuera del alcance de los radares. El sistema ADS-B (vigilancia dependiente automática: transmisión) ha proporcionado una amplia cobertura en espacio aéreo sin radar y complementa la red existente RASPP de radares en terminales y en ruta

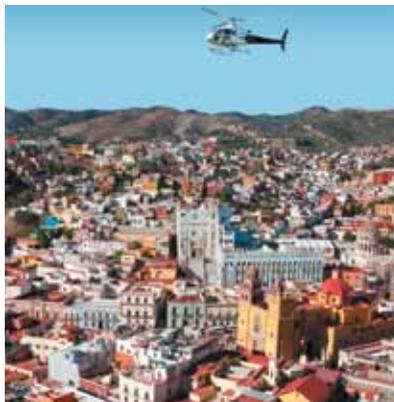
El sistema ADS-B está totalmente integrado con el plan de vuelo TAAATS, los datos de radar y la visualización de datos de ADS-C (vigilancia dependiente automática: contrato), y permite que Airservices Australia proporcione servicios de separación como de radar en el espacio aéreo que no tiene cobertura de radar. TAAATS se ha actualizado para procesar simultáneamente hasta 1000 vuelos ADS-B, desde un máximo de 200 estaciones terrestres. El programa UAP ADS-B es el primer sistema operacional ADS-B a gran escala. ■

4.4 México

Los radares Thales proporcionan más del 80 % de la cobertura del radar en el país.

Thales ha modernizado y mejorado las capacidades de vigilancia de México, ayudando al SENEAM a responder a las iniciativas NextGen y a mejorar las capacidades de gestión del tráfico aéreo. La FAA y el SENEAM están trabajando juntos para ADS-B en el proyecto del golfo de México.

El equipamiento ADS-B, basado en el Thales Ground Station AS680, se ha instalado en el aeropuerto internacional de México y dentro del valle de México. Se considera una de las áreas de operaciones más complejas. La complejidad se incrementa debido a la elevación de la ciudad, a las montañas que la rodean y porque México es una de las ciudades más pobladas del mun-



do (y el aeropuerto se encuentra casi en el centro). El valle de México está perfectamente cubierto por el patrón de antenas de ADS-B. El equipo ADS-B está integrado con TopSky-Tracking, un sistema de rastreo de múltiples sensores. Este equipo combina los datos de radar con datos ADS-B y entrega una pista fusionada. ■

4.5 Namibia

Desde principios de 2010, la vigilancia de todo el espacio aéreo de Namibia por encima de FL 145, y la aproximación al Hosea Kutako International Airport está garantizada por una combinación de radar primario y secundario para el TMA de Windhoek, mientras que el resto del espacio aéreo está cubierto principalmente por medio de WAM, compuesto de 36 estaciones receptoras y 24 estaciones

transmisoras, complementadas por datos de las aeronaves equipadas con ADS-B y capacidad de ADS-C en el sistema de automatización del ACC (Centro de Control de Área) del aeropuerto Eros. En el ACC del Eros se ha implementado un sistema de procesamiento de vigilancia con sensores múltiples para fusionar los datos de los diversos sensores. ■



5 SERVICIOS DE APOYO

La Solución de Vigilancia Global también incluye soporte y servicios al ofrecer un completo paquete de apoyo logístico integrado, mediante la optimización del mantenimiento, la documentación, el entrenamiento y la capacidad de soporte desde la fase más temprana de diseño, para reducir los costos del ciclo de vida de los equipos suministrados.

Los requisitos de mantenimiento son introducidos en el proceso de diseño para desarrollar un equipo fácilmente mantenible, que se entrega con un paquete integral de logística. Está adaptado para tener en cuenta las prioridades, las organizaciones y los requisitos específicos del cliente.

La documentación y el entrenamiento están diseñados para agilizar los preparativos con el objetivo de implementar las misiones operativas lo antes posible.

Después de la entrega, las capacidades de apoyo incluyen el mantenimiento en fábrica e in situ, la calibra-

ción, las actualizaciones de software y otros servicios.

Con una gama completa de servicios de apoyo a la solución de vigilancia por todo el mundo y en todos los niveles de mantenimiento, los expertos en vigilancia deben estar disponibles para llevar a cabo tareas de mantenimiento correctivo o preventivo en el lugar.

Basado en el análisis de la retroalimentación del cliente, las soluciones globales de vigilancia de aprovechar las lecciones aprendidas para ofrecer servicios mejores, más rápidos y más rentables.

Servicios y apoyo global, a largo plazo

Mantenimiento

- Servicios de reparación
- Repuestos
- Apoyo logístico integrado
- Asistencia técnica
- Soporte de software
- Revisión
- Bancos de prueba
- Contratista de apoyo logístico (CLS)

Actualizaciones y extensión de la vida útil del sistema

- Mejoras funcionales y de capacidad
- Ampliación de la vida del sistema

Servicios ampliados

- Asistencia completa durante el ciclo de vida
- Mantenimiento en todos los niveles
- Contratista principal de la asistencia
- Operador del mantenimiento



El sistema de gestión del tráfico aéreo se enfrenta actualmente a una necesidad drástica de cambio para poder aumentar la capacidad y la seguridad con el fin de reducir los costos y el impacto ambiental. Existen importantes programas de investigación y desarrollo, como SESAR (Single European Sky ATM Research) y NextGen en los Estados Unidos, que se han iniciado con el objetivo de desarrollar nuevos conceptos operativos y tecnologías de vigilancia que serán capaces de apoyar la aplicación de un nuevo sistema de ATM:

Programa ADS-B de NextGen

El sistema ADS-B (vigilancia dependiente automática: transmisión) es el programa emblemático de la iniciativa del Next Generation Air Transportation System (NextGen) de la FAA para pasar desde un sistema terrestre del control aéreo a un sistema basado en satélites para la gestión del tráfico aéreo. Este programa, llevado a cabo por ITT Exelis, tendrá un gran impacto en la industria aeronáutica, y afectará, en cierta medida, a todas las aeronaves en el espacio aéreo de los Estados Unidos. Como miembro clave del equipo de ITT Exelis, Thales está proporcionando unas 1200 radios ADS-B para crear una red a nivel nacional en los Estados Unidos, así como una función de seguimiento con sensores múltiples.

Comunicaciones de datos NextGen

Data Comm permitirá que se intercambie información digital entre el control del tráfico aéreo (CTA) y los pilotos, lo que permitirá la carga automática de información directamente en el sistema de gestión de vuelo de la aeronave. Esto permitirá que las aeronaves reciban de manera digital las autorizaciones de salida y las redirecciones en el aire. Thales está trabajando con la FAA para desarrollar Data Comm Avionics (aviónica de comunicaciones de datos) y para apoyar su validación y los esfuerzos de verificación con equipos de simulación.

Thales está activa también en la DTAP (Data communications Trial Automation Platform: plataforma de automatización de prueba de comunicaciones de datos) y los DCIS (Data Comm Integrated Services: servicios integrados de comunicaciones de datos).

Capacidad de vigilancia y radar meteorológico de NextGen (NSWRC)

Actualmente, la FAA opera cuatro distintos sistemas de radar para la vigilancia de aeronaves y para la detección de condiciones meteorológicas peligrosas en aeropuertos, en el espacio aéreo de las terminales de la nación. Estos sistemas de radar, el ASR (radar de vigilancia de aeropuerto) modelos 8, 9 y 11, y el TDWR (radar meteorológico Doppler de terminal), están llegando al final de su ciclo de vida y requieren de programas SLEP (programas de extensión de vida útil) para continuar su servicio en funcionamiento. Programas de sostenimiento y actualización pueden mantener a estos radares en funcionamiento en el corto y mediano plazo. Para el largo plazo, la FAA reconoce que la mejor opción es la sustitución de estos radares. Una de las alternativas posibles es la MPAR (radar multifuncional de conjunto en fase), que utiliza la tecnología de conjunto enfocado con escaneo activo automático. Es posible reducir el número total de radares requeridos a aproximadamente un tercio.

SESAR WP 15.04.01: racionalización de la infraestructura de vigilancia

Los objetivos del proyecto SESAR WP 15.04.01 fueron dos:

- Una metodología para promover la racionalización y adecuación de la infraestructura de vigilancia.
- Un plan de trabajo para apoyar la introducción de cambios en la infraestructura de vigilancia que se identifican en el plan maestro de ATM.

El equipo está compuesto por representantes de Thales Air Systems SA, EUROCONTROL, INDRA, SELEX, AENA (15.04.05 a), NORACON (15.04.05 a) y NATS (15.04.05 b)

SESAR WP 15.04.05 A y B: Mejoras de sistemas terrestres para ADS-B

El objetivo de SESAR WP 15.04.05a es mejorar los sistemas de vigilancia terrestres en apoyo de las aplicaciones ADS-B.

La actividad principal es el desarrollo de la actualización de una especificación para la estación terrestre ADS-B sobre la SDPD (distribución y procesamiento de datos de vigilancia) y la interfaz ASTERIX.

El objetivo de alto nivel de 15.04.05b WP es desarrollar un prototipo basado en tierra para apoyar las aplicaciones ASAS (sistemas de asistencia de separación aérea) en ruta y en TMA. El trabajo consiste en la evaluación de la Estación Terrestre DO260B/ED102A.

El equipo está compuesto por representantes de Thales Air Systems SA, EUROCONTROL, INDRA, SELEX, AENA (15.04.05 a), NORACON (15.04.05 a) y NATS (15.04.05 b).

SESAR WP12.02.02 "Runway Wake Vortex Detection, Prediction and Decision Support Tools"

El objetivo de WP SESAR 12.02.02 es reducir de manera segura las separaciones de estela turbulenta para las llegadas y las salidas, y definir, analizar, desarrollar y verificar un WVDSS (sistema de apoyo para decisión de turbulencia de estela) a fin de:

- cumplir el concepto operacional SESAR WP 06.08.01
- determinar la posición y la fuerza de las turbulencias de estela
- predecir el comportamiento de las turbulencias y su impacto sobre la seguridad y la capacidad
- asesorar a las partes interesadas (controladores del tráfico aéreo, supervisores, etc.).

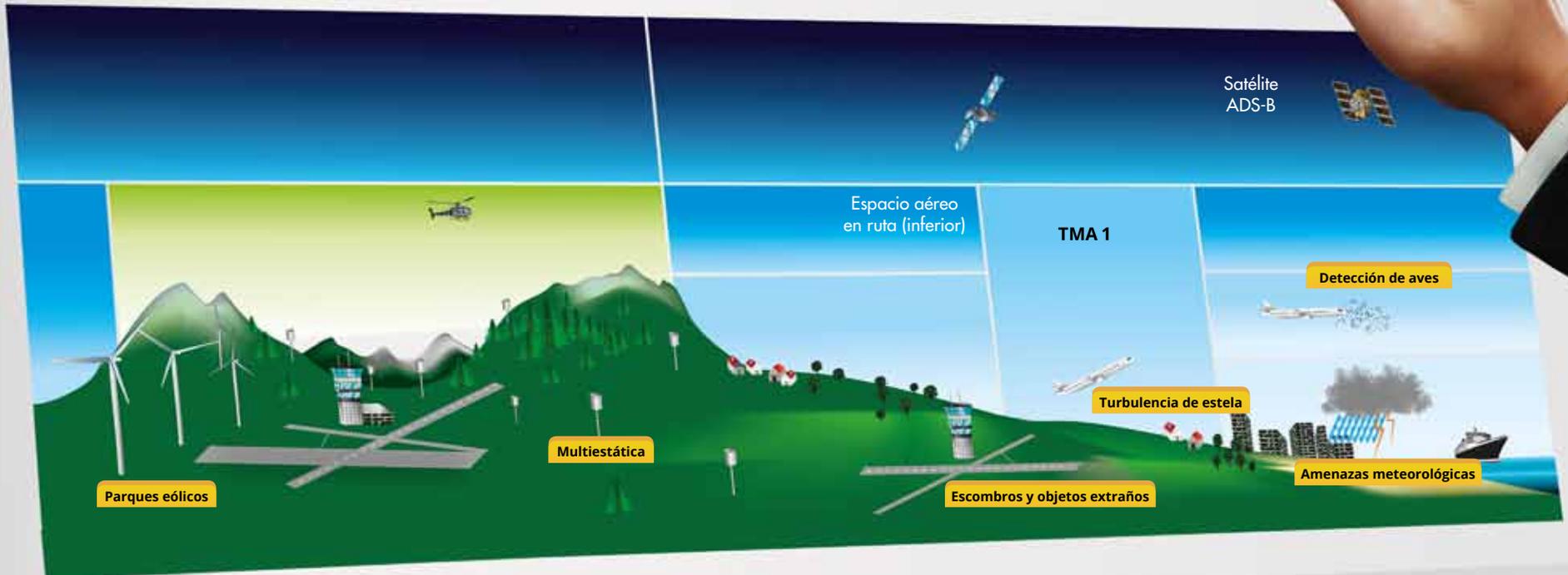
WVDSS tiene que ser capaz de aportar soluciones a las preocupaciones sobre turbulencias de estela, teniendo en cuenta la disposición y la infraestructura del aeropuerto, y las condiciones meteorológicas.

El equipo está compuesto por representantes de Thales Air Systems SA, DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, EUROCONTROL, NATMIG e INDRA.



7.1 Radares compatibles con parques eólicos	54
7.2 Detección de aves.....	56
7.3 Detección de escombros y objetos extraños.....	58
7.4 Detección de turbulencia de estela.....	59
7.5 Detección de amenazas meteorológicas	60
7.6 Radar primario multiestático de vigilancia	61

Soluciones extendidas para mañana:
Global Surveillance Solutions hace el mejor uso de las nuevas tecnologías para hacer frente a las nuevas necesidades operativas.



7.1 Radares compatibles con parques eólicos

El desarrollo de energías renovables es ahora una prioridad en todo el mundo, y entre las nuevas tecnologías, la energía eólica es una de las soluciones más prometedoras.

A modo de ejemplo, en Europa, la EWEA (European Wind Energy Association) prevé que en los próximos 20 años, la producción de electricidad a partir de turbinas eólicas se multiplicará por seis.

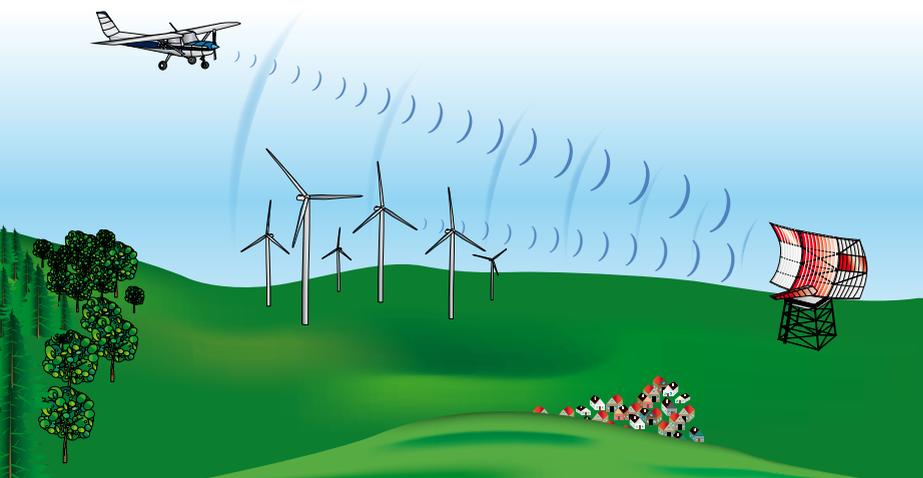
Sin embargo, los aerogeneradores pueden perturbar los servicios del tráfico aéreo, y en particular los radares primarios de vigilancia (PSR). En la práctica, las perturbaciones se reflejan en la forma de generación de gráficos y pistas falsas por parte de los aerogeneradores, la pérdida de detección de objetivos reales (aeronaves) que vuelan sobre el parque eólico y el enmascaramiento de aeronaves volando a baja altitud, detrás del parque eólico.

Se desarrollan soluciones de mitigación para que los radares se conviertan en "compatibles con parques eólicos", lo que evitará que se impida el desarrollo de la energía eólica debido al bloqueo de los radares.

A modo de ejemplo, Thales ha instalado un PSR STAR 2000 en el aeropuerto de Inverness (Escocia), que está rodeado de muchos parques eólicos. Esta fue una buena oportunidad para registrar una situación real y analizar la capacidad de un filtro de parque eólico para cancelar una gran cantidad de ecos provocados por los aerogeneradores. Esta solución es una alternativa atractiva al proceso más convencional NAI (no iniciación automática), que impide la iniciación de nuevas pistas en zonas con parques eólicos.

Thales ha identificado tres ejes de desarrollo, en función del tipo de situación a la que se debe hacer frente:

- la actualización de los radares existentes: el software de procesamiento se puede mejorar, en particular mediante la adición de filtros de parques eólicos que permiten filtrar las señales parásitas generadas por los aerogeneradores una vez que se clasifican como tales,



- radares de relleno de hueco: en el caso de los radares existentes para los que no está prevista tal actualización, o aún para la solución de problemas específicos, tales como enmascaramiento, entonces se pueden proponer las soluciones de radar gap-filler (relleno para huecos); por ejemplo, instalado en el propio aerogenerador,

- radares de próxima generación: en ellos el "desorden" de los parques eólicos se considerará un requisito; ya se están estudiando nuevas arquitecturas para proponer las me-

jores soluciones. Entre estas arquitecturas, el MSPSR (radar primario de vigilancia multiestático)⁵ muestra interesantes características integradas para mitigar los efectos de los parques eólicos.

Thales también contribuye a los grupos dedicados, y comparte su conocimiento con comunidades de expertos de todo el mundo (como Eurocontrol Wind Turbine Task Force), participando de esta manera en un esfuerzo común hacia un planeta más ecológico.

⁵ Refer to Chapter 7.5

7.2 Detección de aves

Los choques de aves con aeronaves son un problema bien conocido en el mundo tanto de la aviación civil como de la militar.

La absorción de aves puede causar grandes daños a las aeronaves, y a veces lleva a accidentes fatales.

- En 2008 hubo 7320 impactos de aves en aeronaves civiles en los Estados Unidos, el 72 % por debajo de los 500 pies AGL, el 92 % por debajo de los 3000 pies, 2/3 durante el aterrizaje, 1024 con importantes daños en las aeronaves, y 49 aeronaves destruidas.
- En la aviación comercial, el costo total de los choques con aves es de 1255 millones de dólares (65 dólares por vuelo).



Radar aviar

Los sistemas de radares para aves se suman a las tecnologías de aeropuertos que proporcionan información necesaria para la gestión estratégica y táctica de los peligros provocados por la fauna.

El radar ofrece una oportunidad para ampliar la capacidad de observación las 24 horas, los 7 días de la semana, y la posibilidad de ampliar la cobertura espacial tanto en distancia como en altitud. Se han desarrollado sistemas específicos de detección por radar para abordar la gestión de la fauna de un aeropuerto y los requisitos de advertencia contra el peligro crítico del choque con aves. Los sistemas más comunes de radares aviarios utilizan radares costeros o marinos fácilmente disponibles (banda S y X) con configuraciones de escaneo y procesamiento digital de datos de los sensores, optimizados para la detección y el seguimiento de la fauna objetivo. A

Los sistemas de radar aviar utilizan los radares marinos o costeros disponibles (CW100 y CW10).



diferencia de otros radares utilizados en los aeropuertos, los radares aviarios son una nueva adición a la capacidad tecnológica de los aeropuertos.

Detección de aves a 0 pies AGL (sobre el nivel del suelo)

Las soluciones automatizadas de detección de escombros y objetos extraños (FOD) como FODetect se han diseñado específicamente para detectar aves en las superficies de las pistas de los aeropuertos. Numerosas aves peligrosas se han encontrado con los sistemas instalados en todo el mundo.



7.3 Detección de escombros y objetos extraños

Los escombros de objetos extraños (FOD) en los aeropuertos, que se producen a diario, presentan un riesgo para la vida y la seguridad de los pasajeros, interrumpen el servicio del aeropuerto y cada año causan miles de millones de dólares en daños a las aeronaves.

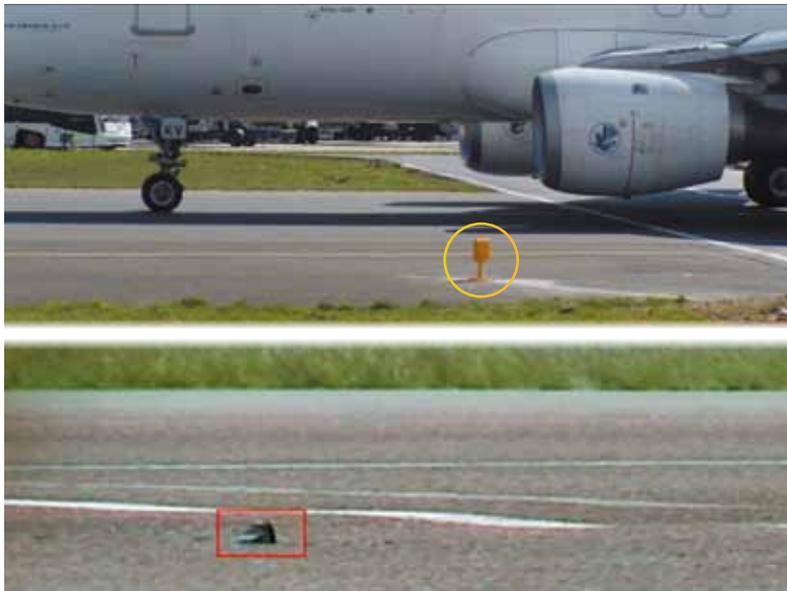
Los daños directos a las aeronaves que resultan de FOD se estima que cuesta 4000 millones de dólares al año a la industria aeroespacial, mientras que los daños indirectos generan cifras significativamente más altas.

En los últimos años, los accidentes de las aeronaves sacudió a la industria de la aviación y destacó la necesidad de un control continuo de la pista entre el despegue y el aterrizaje, un requisito que exige una solución tecnológica automatizada. Este planteamiento es apoyado por la FAA (Federal Aviation Authority), por EUROCONTROL y la ICAO (International Civil Aviation Organization).

FODetect se diseñó específicamente para detectar aves, fauna, escombros y objetos extraños en la superficie de las pistas de los aeropuertos.

FODetect es una solución automatizada de detección de escombros y objetos extraños, con una extraordinaria capacidad de detección que se deriva de una exclusiva tecnología de detección de radar óptico integrado, un software avanzado de procesamiento de imágenes y la detección de corto alcance.

El sistema está integrado en SDU (unidades de detección de superficie) que están ubicadas conjuntamente con las luces de borde de pista.



7.4 Detección de turbulencia de estela

En diferentes fases de vuelo, las aeronaves crean turbulencias de estela. Para evitar poner en peligro la seguridad del vuelo por encuentros con turbulencias de estela, se ha aumentado la separación tiempo/distancia de manera conservadora, lo que limita la capacidad de las pistas del aeropuerto.

La preocupación es mayor durante el despegue y el aterrizaje, ya que en esas fases las aeronaves son menos fáciles de maniobrar.

Las turbulencias de estela son un subproducto natural de la sustentación generada por la aeronave, y se puede considerar como dos torbellinos horizontales arrastrados tras la aeronave.

Las investigaciones han demostrado que la mayor incidencia de encuentros con turbulencias de estela son:

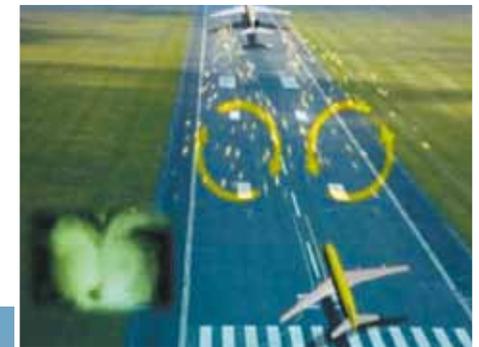
- En el momento del aterrizaje (debajo de los 100 pies de altura).
- En el giro hacia la trayectoria de planeo (entre los 3500 y los 4500 pies de altitud).

Una aeronave posterior expuesta a la turbulencia de estela de una aeronave anterior puede experimentar un momento de balanceo inducido (ángulo de alabeo) que el piloto o el piloto automático no pueden corregir fácilmente.

Sin embargo, estas distancias pueden reducirse de manera segura con la ayuda de técnicas inteligentes de planificación de los futuros sistemas de apoyo de decisión de turbulencias de

estela, basado en el monitoreo, la detección y la predicción de turbulencias de estela (principalmente la estimación del transporte por viento cruzado), lo que aumentará significativamente la capacidad del aeropuerto.

Los sensores de radar y lidar son tecnologías de bajo costo capacidad complementaria de alto desempeño para la detección de turbulencias de estela en todas las condiciones climáticas en comparación con otros sensores que padecen de una capacidad limitada.



Radar Thales para la detección de turbulencias de estela (proyecto SESAR)

7.5 Detección de amenazas meteorológicas

El 75 % de los retrasos del tráfico aéreo se deben al mal tiempo, y el clima ha contribuido en un alto porcentaje en los accidentes de aeronaves en el mundo.



Los principales peligros climáticos con impacto en la seguridad son: las tormentas (cumulonimbos) y las lluvias intensas (frentes de ráfaga), las turbulencias de estela, las turbulencias graves generadas por el clima, los cortes de viento y las microrráfagas

Es necesario el desarrollo de sistemas meteorológicos aeronáuticos para los controles del aeropuerto y para la aproximación a las terminales con el objeto de mejorar la seguridad en condiciones meteorológicas adversas y reducir los retrasos en los vuelos y optimizar la capacidad del aeropuerto.

Los actuales equipos de vigilancia no están optimizados para los servicios meteorológicos aeroportuarios: los radares meteorológicos del Met Office (Servicio Meteorológico del Reino Unido) se encuentran lejos del aeropuerto, el canal Weather del radar primario de CTA es de mala calidad, en Europa no se han implementado los radares meteorológicos en las terminales, y en Estados Unidos estos se basan en la tecnología antigua.

Algunos programas de investigación y desarrollo (US FAA/NEXTGEN MPAR) están trabajando en la evolución

innovadora basada en un enfoque electrónico multifunción que permite el escaneo rápido y adaptativo, aumenta el tiempo de entrega de una alerta meteorológica, mejora la calidad de los datos para la predicción nacional numérica del tiempo, genera alta resolución y alta frecuencia de actualización para monitorear peligros (como turbulencias de estela y vientos cortantes). Se exploran varias soluciones: sensores de corto alcance en red, PAR (radar de conjunto en fase) giratorio, PAR de cara fija, etc.



7.6 Radar primario multiestático de vigilancia

El radar primario multiestático de vigilancia (MSPSR) es un sistema innovador independiente no cooperativo de vigilancia civil y militar para el control de la aproximación a la terminal para fines en ruta.

Se basa en una red poco densa de estaciones capaces de transmitir y recibir ondas omnidireccionales y continuas.

A partir de este concepto se derivan dos tipos de sistemas:

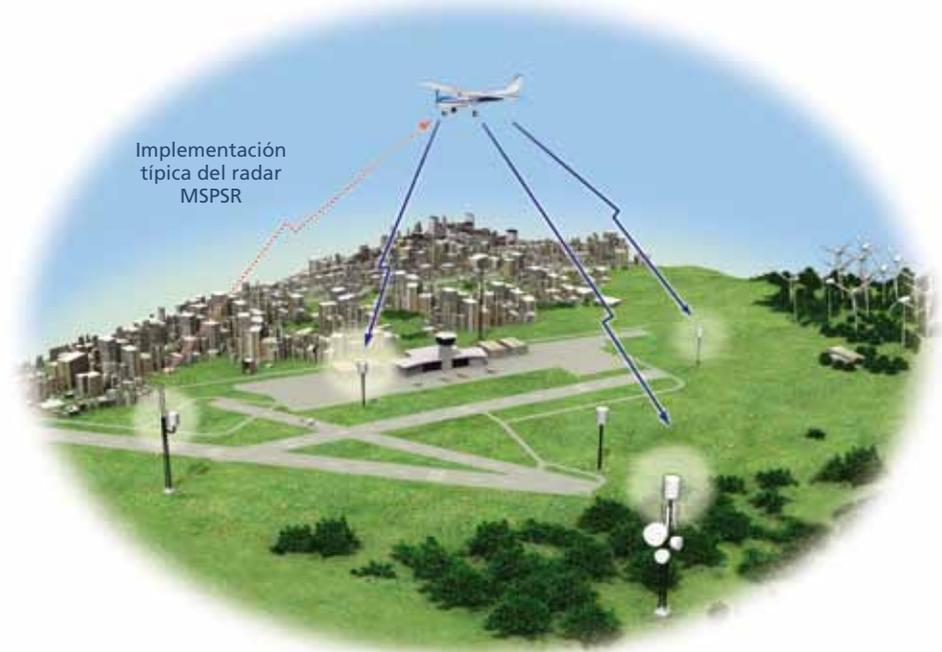
- radar MSPSR "activo" con transmisores dedicados ("controlados"),
- radar MSPSR "pasivo" que depende de transmisores de oportunidad, identificado como PCL (localización coherente pasiva).

La fuerza de esta tecnología es tal que la localización de la aeronave ya está disponible en tres dimensiones y con una tasa de actualización más rápida con respecto al PSR actual. El PCL puede utilizar los transmisores existentes (transmisores de oportunidad, como los de las emisiones de radio o televi-

sión). Los transmisores dedicados del MSPSR activo utilizan las bandas de frecuencia actuales del PSR.

El MSPSR ofrece varias mejoras en comparación con un radar primario de vigilancia convencional: detección en 3D, una mayor tasa de renovación (1,5 s en lugar de 4 a 5 s), resistencia a los efectos de los parques eólicos, y un menor consumo de energía.

La configuración es adaptable para el medio ambiente y se puede reconfigurar. Permite reutilizar las infraestructuras existentes, tales como los mástiles de comunicaciones. La cobertura se puede ampliar mediante la adición de transmisores (Tx) y receptores (Rx), según sea necesario, con el fin de responder a varias aplicaciones.



Acrónimos y terminología

SIGLA	DEFINICIÓN
ACAS	Sistema anticolidión de a bordo
ADS-B	Vigilancia dependiente automática (transmisión)
ADS-C	Vigilancia dependiente automática (contrato)
ANSP	Proveedor de servicios de navegación aérea
ASTERIX	Estándar de Eurocontrol para el formato binario de mensajería de datos de vigilancia de ATM (gestión del tráfico aéreo)
ATM	Gestión del tráfico aéreo
ATN	Red del tráfico aéreo
ATS	Servicio del tráfico aéreo
CAA	Civil Aviation Authority
CTA	Control del tráfico aéreo
ELS	Vigilancia básica
ES	Extended Squitter
ESARR	Requisito reglamentario de seguridad de EUROCONTROL
FAA	Federal Aviation Administration
FOD	Detección de objetos extraños
FRUIT	Respuestas falsas asíncronas
GNSS	Sistema global de navegación por satélite
GPS	Sistema de posicionamiento global
GS	GS Estación terrestre
ICAO	International Civil Aviation Organization
ID	IDentificación
KPA	Áreas clave de desempeño
MLAT	Multilateración
MSPSR	Radar primario multiestático de vigilancia
MSSR	Radar secundario de vigilancia monopulso
MTBCF	Tiempo medio entre fallas críticas
MTBF	Tiempo medio entre fallas
MTTR	Tiempo medio de reparación
NM	Milla náutica
PoD or PD	Probabilidad de detección
PCL	Localización coherente pasiva
PMR	Monitor de precisión en las pistas
PSR	Radar primario de vigilancia
R&D	Investigación y desarrollo
RF	Radiofrecuencia
Rx	Receptor
SAP	Parámetro de acceso al sistema
SESAR	Single European Sky ATM Research Programme
SMR	Radar de movimiento en superficie
SSR	Radar secundario de vigilancia
STCA	Alerta de conflicto a corto plazo
TDOA	Diferencia de tiempo de llegada
TIS-B	Servicios de información sobre el tráfico (transmisión)
TMA	Área de maniobras en la terminal
TOA	Hora de llegada
TWT	Tubo de ondas progresivas
Tx	Transmisor
UAT	Transceptor de acceso universal
VDL	Enlace de datos de VHF
VHF	Very High Frequency (frecuencia muy alta)
WAM	Multilateración de área amplia



© Fotos: Thales, XSight, Airbus, Getty, Fotolia.
Diseño gráfico: Maogani
Referencias: Thales Air Systems

THALES AIR SYSTEMS

Parc tertiaire Silic – 3, avenue Charles Lindbergh – BP 20351
94628 Rungis Cedex – France – Tel: +33 (0)1 79 61 40 00
www.thalesgroup.com