

# En Profundidad



Fig. 1. AIM-9L/M con capacidad all aspect engagement con un detector de InSb. Ejemplo de la RAAF. (Fuente: 2009 Dr Carlo Kopp).

## Guiado IR en misiles SRAAM

José Manuel Muñoz Fuentes,  
Dpto. de Aeronaves y Armamento,  
Subdirección Gral. de Experimentación  
y Certificación, INTA

Palabras clave: misil, infrarrojo,  
SRAAM, FPA, combate aéreo.

Metas tecnológicas relacionadas:  
MT 1.2.1; MT 2.1.6.

### Introducción

Los misiles aire-aire han constituido desde sus inicios la espina dorsal de toda fuerza aérea. La superioridad tecnológica de los mismos frente al adversario, intrínsecamente relacionada con el dominio del campo electromagnético, condiciona las capacidades de todo sistema de armas. Históricamente, los primeros misiles aire-aire se pueden enmarcar en lo que hoy se denomina de corto alcance o SRAAM (*Short Range Air-to-Air Missile*), cuyos primeros desarrollos comenzaron en la década de los años cincuenta del pasado siglo. En líneas generales, la tendencia en el combate aéreo es evitar en lo posible el enfrentamiento cuerpo a cuerpo, tratando de aumentar la distancia a la que pueden adquirirse los blancos y el alcance de los misiles, dotando de esta manera de una ventaja competitiva a

una fuerza aérea en la medida en que sea capaz de conseguirlo y disminuyendo a su vez el número de pérdidas humanas. En cuanto a la evolución de los misiles aire-aire, esta tendencia impulsa la aparición de los conceptos MRAAM (*Medium Range Air-to-Air Missile*) y BVRAAM (*Beyond Visual Range Air-to-Air Missile*). El máximo exponente de esta tendencia estaría representado por los UAV armados o los desarrollos de UCAV (*Unmanned Combat Air Vehicle*).

A pesar de esta tendencia, los misiles SRAAM no han dejado de evolucionar y sus capacidades se han visto notablemente incrementadas. Hoy en día, el combate cuerpo a cuerpo es un ámbito fundamental de estudio y entrenamiento de las FAS. Baste citar el ejercicio Dardo 2013, llevado a cabo en el golfo de Cádiz, durante los días 11 a 15 de noviembre en el que se lanzaron más de cuarenta misiles SRAAM [Sidewinder (AIM-9L/I y JULI) e Iris-T] desde los aviones Eurofighter Typhoon y F18<sup>1</sup> (figura 1).

### SRAAM

Como ejemplo de la evolución de los misiles SRAAM se detallará el caso de los misiles Sidewinder. Los orígenes de estos misiles se remontan

a finales de la década de 1940 en el US Naval Weapon Center de China-lake, California. Toma su nombre de una serpiente de cascabel que habita en el desierto de Mojave y busca sus presas por las emisiones de calor de las mismas. La primera generación de misiles Sidewinder, AIM-9B, dio lugar a tres desarrollos subsecuentes: una variante superficie-aire denominada MIM-72 Chaparral, destinada a la Armada; otras dos variantes aire-aire AIM-9D y AIM-9C, esta última con guiado radar semiactivo, que fueron empleadas por la Marina y la versión aire-aire AIM-9E, destinada a la Fuerza Aérea de los EE. UU. De la tercera generación de misiles Sidewinder se destaca el desarrollo conjunto para la Fuerza Aérea y la Marina de los EE. UU. de la variante AIM-9L (1970) y su puesta en producción en 1976, desarrollo impulsado por la guerra de Vietnam. Salvo la variante AIM-9C, el resto de los casos incorporan guiado por infrarrojos (IR). Se sale del objetivo del presente artículo continuar con el detalle de la evolución del Sidewinder hasta sus versiones más modernas, AIM-9X, sin embargo, sí se quiere destacar la ventaja que ofrece la variante AIM-9L frente a sus antecesores.

El AIM-9L es un misil con guiado IR, motor cohete de propulsante sólido, controlado mediante cuatro aletas

<sup>1</sup> Fuente: <http://www.ejercitodelaire.mde.es/>

canard, con cuatro superficies sustentadoras en delta situadas en la cola y dotadas de *rollerones*<sup>2</sup>. Tiene un alcance alrededor de 8 km y una cabeza de guerra de fragmentación de 9,5 kg con activación láser.

Las primeras versiones de misiles con guiado IR requerían que el blanco se estuviera alejando del avión lanzador para que pudiera ser adquirido por la cabeza de guiado. Es decir, el avión lanzador debía adquirir una posición de ventaja para lograr esta geometría. Esto



Fig. 2. Imagen espectral de un F-4 Phantom. (Fuente: White, J. Aircraft Infrared Principles, Signatures, Threats and Countermeasures. NAVAIR).

se conoce como *tail aspect engagement*; se necesita enfrentar el detector a las altas temperaturas de los gases de la tobera que facilitan el bloqueo de cualquier cabeza de guiado IR. La versión AIM-9L ofrece la capacidad de bloquear sobre un blanco que presente cualquiera de sus caras a la cabeza de guiado, es decir, se dispone de capacidad *all-aspect engagement*. En la guerra de las Malvinas se pudo comprobar la importancia de disponer de esta capacidad en el misil, siendo los AIM-9L de la RAF responsables del derribo de la mayoría de los aviones argentinos y resultando muy superiores a los Shafrir II Mk.4 de la Fuerza Aérea Argentina, que no disponían de dicha capacidad. Posteriormente, basándose en la experiencia en servicio adquirida en la guerra del Golfo (1991), se desarrolló la versión AIM-9M, que incluye, además, mejoras específicas para evitar ser seducido por bengalas o señuelos térmicos. En

<sup>2</sup> Una de las diferencias más interesantes del SideWinder con otros misiles de la época es el empleo de *rollerones* para conseguir estabilización en balance. Generalmente, en la mayoría de misiles SRAAM no se precisa un control del ángulo de balance, sino mantener la velocidad de balance por debajo de un cierto límite. Los *rollerones* están constituidos por una rueda dentada que gira por acción de la corriente, consiguiendo por efecto giroscópico, pares aerodinámicos de balance que limitan la velocidad angular.

la época de la caída del muro de Berlín y el final de la Guerra Fría, las versiones AIM-9L/M del SideWinder eran los misiles estándar con los que contaban las fuerzas de la OTAN.

A partir de la década de 1990, el uso del radar como sistema de guiado y los relevantes avances en términos de autopiloto, trasladaron el combate aéreo fuera del alcance visual o WBR (*Within Visual Range*) y el AMRAAM (o el AIM120) se consolidó como el misil MRAAM de las fuerzas aliadas. Sin

embargo, los misiles IR para combate aéreo cercano han sido y siguen siendo un elemento táctico fundamental para cualquier fuerza aérea. Han venido usándose desde hace más de 60 años y han resultado clave para el desenlace de numerosos conflictos armados. El guiado infrarrojo se emplea masivamente en las baterías de misiles SAM y en misiles portados por un operador en tierra o MANPADS (*Man Portable Air Defence System*). Asimismo, son una defensa antiaérea común en helicópteros de combate y en UAV armados. Su importancia hoy en día sigue siendo crucial.

Cabe destacar que, aunque en Occidente parece clara la división entre misiles con guiado IR para el combate dentro del alcance visual (WVR) y guiado radar para el combate fuera del alcance visual (BVR: *Beyond Visual Range*), la filosofía rusa desconfía de la efectividad del guiado radar en el BVR. Ante la posibilidad de que pueda ser sencillo para un caza detectar que está siendo iluminado por el radar de un misil y potencialmente perturbarlo, presenta otro tipo de desarrollos que emplean guiado IR también en el BVR<sup>3</sup> y la operación conjunta de ambos tipos de misiles.

<sup>3</sup> Dr. Kopp. Carlo. *The Russian philosophy of the BVR Air Combat*. Defence Today. Australian Aviation. Australian Aviation. 2008.

### Guiado por infrarrojo

Todos los cuerpos emiten radiación infrarroja. Al igual que la luz visible, puede ser detectada gracias a diversas tecnologías o ser absorbida por nubes, vapor de agua o polvo. Una de las diferencias principales entre la luz visible y la radiación infrarroja, es que esta es absorbida por la atmósfera de forma mucho más severa, presentando pérdidas relevantes por absorción atmosférica. El espectro infrarrojo se define como la región del espectro electromagnético con longitudes de onda comprendidas entre 0,7  $\mu\text{m}$  y 1 mm. Este a su vez se divide en diferentes regiones, si bien no existe unanimidad en los valores elegidos para separar dichas fronteras. En el presente artículo se considera la división del mismo establecida por la SPIE (*Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*)<sup>4</sup>.

Por otro lado, la potencia térmica radiada por un cuerpo u objeto y la distribución de la misma en las regiones del infrarrojo dependen del material y de la temperatura del mismo. La naturaleza de los blancos aéreos condiciona por lo tanto las bandas espectrales en las que los misiles con guiado por infrarrojo están diseñados para realizar la detección. En este sentido puede hablarse de firma IR de un blanco o intensidad de contraste, pues es el contraste con respecto al entorno lo que permite la detección del mismo. Es relevante presentar las contribuciones principales a la firma IR de un blanco para entender la evolución y tendencia de las cabezas de guiado:

- Las partes calientes del motor, es decir, la tobera, la cámara de combustión y la turbina donde se realiza la expansión.
- Los gases de salida del motor, con grandes proporciones de vapor de agua y  $\text{CO}_2$ .
- Las superficies externas del blanco

<sup>4</sup> Vandergriff, L. J. *Fundamentals of Photonics*. SPIE. 2003: Far Infrared (FIR, 15  $\mu\text{m}$ - 1cm); Long wavelength-infrared (LWIR, 8-15  $\mu\text{m}$ ); Mid wavelength-infrared (MWIR, 3-8  $\mu\text{m}$ ); Short wavelength-infrared (SWIR, 1.4-3  $\mu\text{m}$ ); Near-infrared (NIR, 0.75-1.4  $\mu\text{m}$ ). Por otro lado, la CIE (Commission Internationale de l'éclairage) divide el espectro del infrarrojo en las tres siguientes regiones: IR-A: 0.78-1.4  $\mu\text{m}$ , IR-B: 1.4-3  $\mu\text{m}$ , IR-C: 3-10.6  $\mu\text{m}$ .

(alas, fuselaje, cabina, etc.), que además de presentar una temperatura distinta a su entorno, reflejan parte de la radiación infrarroja proveniente del sol y de la tierra que incide sobre ellas.

La distribución espectral de las anteriores contribuciones hacen que los detectores empleados en las cabezas de guiado se diseñen para las regiones del infrarrojo de onda corta y media (SWIR y MWIR; 1,4-3  $\mu\text{m}$  y 3-8  $\mu\text{m}$  respectivamente). Los primeros

misiles se diseñaban para anchos de banda comprendidos entre 2 y 3  $\mu\text{m}$ , que es donde se encuentra parcialmente la distribución espectral de las partes calientes del motor, principalmente la tobera (aproximadamente entre 2 y 5  $\mu\text{m}$ ), de ahí el término *tail*



Fig. 3. Arriba: sección de guiado del Iris-T. Buscador de IIR de 128 x 128 elementos con  $\pm 90^\circ$  de FOR (Field of Regard) en los ejes de cabeceo y balance. Abajo: Iris-T en la estación subalar externa del EF2000. Se destacan las bandas amarilla y marrón que indican, respectivamente, la presencia de explosivos y motores cohetes. (Fuentes: <http://www.defensa.gob.es> [texto] y <http://www.diehl-bgt-defence.de> [imagen]).

*aspect engagement*. Sin embargo, los gases de salida del motor y las superficies externas del blanco, presentan su distribución en una banda más estrecha, entre 4 y 5  $\mu\text{m}$ . Además de la distribución espectral de la radiación, deben considerarse las líneas de absorción de las emisiones de  $\text{CO}_2$  y vapor de agua, componentes mayoritarios resultado de la combustión de los motores de reacción que también tienen lugar entre 4 y 5  $\mu\text{m}$ . Esto hace que los elementos detectores tengan que operar también en esta banda para lograr la capacidad *all aspect engagement* y así tener en cuenta todas las contribuciones<sup>5</sup>. La operación en la banda MWIR no fue posible hasta la aparición del antimonio de indio (InSb), empleado en los clásicos Sidewinder AIM9L y 9M.

La región de onda larga (LWIR, 8-15  $\mu\text{m}$ ) es en la que operan los detectores multiespectrales de última generación, basados en FPA (*Focal Plane Array*) o matrices 2D. No escanean un determinado campo de visión o FOV (*Field of View*) sino que obtienen una imagen espectral del mismo. En cuanto a las otras bandas del espectro infrarrojo, la región correspondiente al infrarrojo cercano (NIR, 0,75-1,4  $\mu\text{m}$ ) no es de gran interés en el diseño de las cabezas de guiado IR aunque sí tiene otras aplicaciones en defensa, ya que es la banda en la que son sensibles los intensificadores de luz y los dispositivos de visión nocturna (NVG). Finalmente, el infrarrojo lejano (FIR, 15  $\mu\text{m}$  - 1cm) tampoco resulta de interés para el guiado IR.

La detección de la radiación infrarroja es tanto más eficiente cuanto más fríos se encuentren los elementos detectores, pues la diferencia térmica con los emisores es mayor. En este sentido, es habitual que se requiera conseguir enfriamiento criogénico de forma ultrarrápida, en unos pocos segundos, de la cabeza de guiado cuando esta va a ser empleada. La solución más usada se basa en el efecto de Joule-Thomson por el cual la expansión de un gas a alta presión produce un gran enfriamiento y su licuación. Para ello, es habitual disponer de botellas de gas de alta presión (p. ej., argón) alojadas en el lanzador

<sup>5</sup> White, J.: *Aircraft Infrared Principles, Signatures, Threats and Countermeasures*. Naval Air Warfare Center Weapons Division. NAVAIR, US MoD. 2012.

del misil, para mantener la cabeza buscadora en niveles criogénicos (es decir del orden de la temperatura de ebullición del nitrógeno, 77,36 K o 195,79 °C) durante el tiempo suficiente para que tenga lugar la operación completa del misil. Las cabezas buscadoras más modernas emplean tecnologías a través de las cuales puede obtenerse una imagen IR sin necesidad de enfriamiento criogénico.

El propio concepto físico de adquisición a través de la radiación infrarroja puede presentar problemas cuando existen varios focos de radiación infrarroja, incluso más fuertes que la radiación del propio blanco. Esto puede hacer que el misil adquiera un blanco erróneo, como puede ser el sol, el reflejo del sol sobre el mar o cualquier otro punto que emita una radiación infrarroja potente, por ejemplo las aeronaves, buques o vehículos de las fuerzas amigas. Puede darse el caso de que un misil adquiera como blanco otro misil lanzado previamente o sea saturado por él, pues la firma IR puede ser mayor para el penacho del primer misil que la del propio blanco. Este hecho debe ser considerado en el diseño del propio misil, para que varíe su trayectoria con respecto a la nominal cuando el misil es informado de que está siendo lanzado secuencialmente o en modo *ripple*. Estos factores deben ser tenidos en cuenta desde el punto de vista de la integración en la aeronave y resultan especialmente delicados en lanzamientos en los cuales el misil abandona la plataforma sin haber adquirido previamente un blanco.

Una vez la cabeza buscadora ha adquirido el blanco, lo que puede suceder antes o después del lanzamiento, generalmente se mide la diferencia angular entre el eje del misil y la dirección del blanco, para comandar el vuelo del misil mediante una determinada ley de guiado<sup>6</sup>. Entre las desventajas que ofrece el guiado de misiles por infrarrojo se pueden citar las siguientes: influencia de la meteorología, especialmente niebla o nubes;

<sup>6</sup> Puede encontrarse una mayor información al respecto en: Cucharero, F., *Guiado y control de misiles*. Ministerio de Defensa de España. 1995, Sanz Aranguez P., *Missiles II*. Tomo II. (Aptes quinto curso). ETSIA-UPM. 2000, Siouris G. M., *Missiles Guidance and Control Systems*. Springer. 2004.

es susceptible de verse afectado por fuentes de radiación no deseada (p. ej., sol, reflejo del sol en el mar, etc.); suele presentar complejidades añadidas por necesidad de enfriamiento. Por otro lado, presenta importantes ventajas que hacen que su uso en SRAAM sea masivo: a diferencia del guiado radar semiactivo no requiere que la plataforma lanzadora mantenga iluminado al blanco, y puede ser operado como un arma *fire & forget*; es un medio de guiado pasivo, lo que hace que sea más difícil de detectar por el blanco; y permite obtener un largo alcance de adquisición, tanto de forma diurna como nocturna.

### EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LAS CABEZAS DE GUIADO

De forma no categórica, puede distinguirse entre las siguientes generaciones de cabezas buscadoras por infrarrojo:

- Primera generación (1960): se emplea una célula detectora única que recibe la radiación infrarroja a través de una retícula situada delante del elemento detector, que gira a altas revoluciones. El giro de la retícula produce una señal modulada en frecuencia que permite determinar la posición del blanco. Este tipo de diseño se conoce como *spinscan*. Generalmente, se alimentan unas bobinas magnéticas con una tensión proporcional al error entre la línea de mira<sup>7</sup> (LOS: *Line of Sight*) y la dirección del eje de giro. Las bobinas producen un par magnético sobre el conjunto. Este responde, por efecto giroscópico, con un par que tiende a anular el error, realizando así el seguimiento mediante una ley de guiado proporcional. Mediante esta tecnología se pueden detectar y seguir blancos de manera puntual en la forma *tail aspect engagement*, puesto que este sistema es insensible desde un punto de vista axial. Es el sistema que incorporaban las primeras versiones del SideWinder (AIM9B).
- Segunda generación (1970): se emplea una retícula estacionaria y un sistema óptico giratorio formado por dos espejos. Es una mejora del anterior, en el que la radiación

<sup>7</sup> Se entiende por línea de mira, la línea que une la cabeza del misil con el blanco.

infrarrojo se refleja en el sistema de espejos que gira y pasa a través de la retícula estacionaria produciendo la modulación de la señal. Esta tecnología recibe el nombre de *conscan* o escaneo cónico. Ejemplos de misiles que emplean esta tecnología son el FIM-92A Stinger y el Archer AA-11. Una mejora relevante con respecto a *spinscan* y *conscan*, aunque también basada en el mismo fundamento tecnológico, es la que se obtiene dotando al elemento detector de un movimiento radial hacia fuera y hacia dentro. Es decir, se comienza a implementar un cierto patrón de escaneo, aunque muy básico. Esta tecnología data de los años 80 y se denomina *rossette scan*, pues el movimiento radial del

visible existen otros dispositivos análogos pero de distinta denominación como son los CCD (*Charge Coupled Device*) y los sensores de imagen CMOS (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*). Dicho esto, la diferencia entre una agrupación lineal o en cruz con un conjunto 2D, estriba en que en el caso de disponer de un conjunto 2D no es necesario realizar escaneo, pues directamente se obtiene una imagen térmica del blanco. En el caso de agrupaciones lineales o en cruz se habla de *scanning array* mientras que si las agrupaciones son 2D, de *staring array*. La información obtenida mediante dispositivos del tipo *scanning array* tiene que ser *rasterizada*<sup>8</sup> para dar lugar

obtención de una imagen térmica del blanco da lugar al concepto *Imaging Infrared* o IIR.

Esta tecnología se emplea en las últimas versiones del SideWinder (AIM9X), el británico ASRAAM, el israelí Python V, el ruso R-73 Adder o el europeo Iris-T<sup>9</sup>, misiles de última generación que compiten a nivel mundial.

En paralelo con la anterior evolución en las tecnologías de cabezas de guiado, también existe una evolución hacia el empleo de longitudes de onda mayores. Según se expuso anteriormente, las bandas relevantes desde el punto de vista de la detección infrarroja son SWIR y MWIR, pero a medida que se aumenta la capacidad de

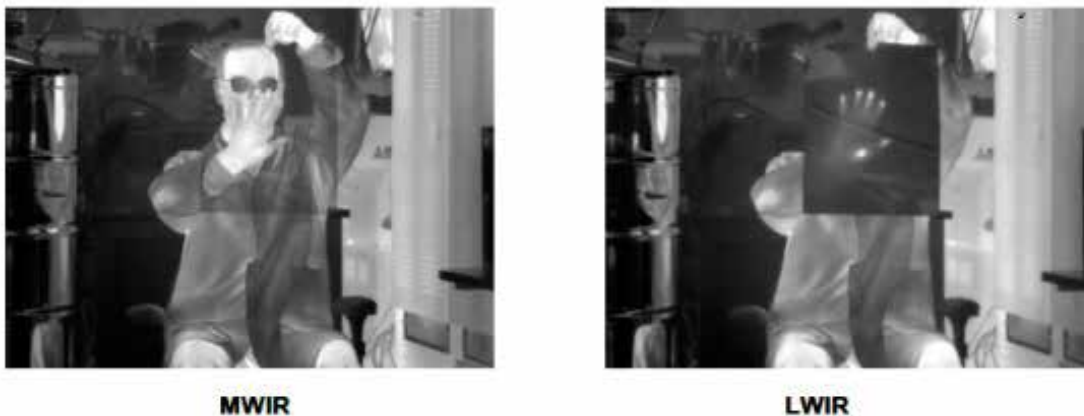


Fig. 4. Ejemplo de dos imágenes en MWIR y LWIR obtenidas con un FPA de 640 x 480. La diferencia significativa es relativa a la hoja de plástico que se sujeta, que es transparente en el espectro visible, perceptible en la banda MWIR y casi opaca en LWIR. (Fuente: Ref. King D.F. et al. 3rd-Generation 1280 x 720 FPA development status at Raytheon Visio Systems).

detector hace que este describa una especie de rosa. El patrón de escaneo aumenta el FOV del *seeker* y hace posible el *all aspect engagement* al permitir resolver diferentes fuentes de radiación en el FOV. Un ejemplo de empleo de esta tecnología, que además suele ir acompañada de técnicas de procesamiento digital, puede encontrarse en el MISTRAL I.

- Tercera y cuarta generación (1990 - actualidad): se emplea un conjunto de células detectoras formando un mosaico, que habitualmente se conoce como *Focal Plane Array* (FPA) y gracias al cual puede obtenerse una imagen térmica completa del blanco, lo que supone un salto cualitativo muy relevante frente a las anteriores. En el espectro

a la obtención de una imagen que pudiera ser mostrado a través de un medio de salida digital. Por el contrario, en dispositivos del tipo *staring array* esto no es necesario y la imagen se obtiene directamente. Debido a la información del blanco que el misil tiene una vez que ha bloqueado sobre él, resulta muy difícil seducir mediante contramedidas a este tipo de misiles. Las agrupaciones lineales de detectores generalmente están compuestas de elementos fotoconductores de PbS, PbSe o HgCdTe; las agrupaciones 2D propias de *staring array* generalmente son de HgCdTe. La

<sup>8</sup> La rasterización es el proceso por el cual una imagen descrita en un formato gráfico vectorial se convierte en un conjunto de píxeles.

obtener mayor información espacial y resolución se amplía el espectro infrarrojo que puede cubrirse, pues generalmente los blancos aéreos no solo emiten en las regiones SWIR y MWIR. Las nuevas generaciones de misiles con guiado por infrarrojo operan en las tres bandas SWIR, MWIR y LWIR, entre los 1,4 y 15  $\mu\text{m}$ . De esta forma, se han ido desarrollando técnicas de comparación multispectral que tienen por objeto ayudar a discriminar

<sup>9</sup> Programa participado por España (21,3%), Alemania (40,5%), Italia (14,7%), Grecia (10,4%), Suecia (8,1%) y Noruega (5,0%), que tiene por objeto dotar al EA de un misil de nueva generación que sustituya a los AIM9L, siendo el contratista principal la alemana DBD, pero con participación de empresas españolas como SENNER, EXPAL o ICSA (fuente: <http://www.defensa.gob.es/>).

la radiación infrarroja procedente de un blanco de interés frente a la de otras fuentes. Este concepto queda reflejado en la figura 4.

Por último, merece la pena destacar que la máxima capacidad de un misil SRAAM de última generación solo se consigue gracias a la integración digital del mismo en la plataforma lanzadora. La integración digital implica que se dispone de capacidad para enviar datos del blanco al misil en su punto de carga. Dichos datos pueden provenir de otro sistema del avión, por ejemplo el sistema de adquisición e identificación, el de comunicaciones (para redes del tipo Link16), o el propio casco o HMD (*Helmet Mounted Display*) si dispone de capacidad de designación de blancos. Esta comunicación entre la plataforma y el conjunto lanzador-misil incrementa la capacidad operacional en el combate aéreo, ya que enviar al misil un número de mensajes sobre el blanco, que normalmente incluye sus coordenadas, facilita a la cabeza buscadora el bloqueo sobre el mismo, ya sea antes de abandonar la plataforma o después. Esta capacidad hace posible que, por ejemplo, se pueda lanzar un misil a un blanco que en el momento del lanzamiento está fuera del FoR de la cabeza buscadora (p. ej., un blanco situado detrás del avión).

### TENDENCIAS FUTURAS Y CONCLUSIONES

Adquirir rápidamente y mantener un blanco de forma robusta, en un escenario particularmente adverso (WVR), es todo un desafío tecnológico al que se enfrenta, no solo el sensor de adquisición, sino el sistema misil completo. Este escenario puede caracterizarse por muy diversos requisitos: el alcance, las grandes variaciones de radiación recibida (dado que el blanco es altamente maniobrable) y una escena que cambia rápidamente, lo que requiere tiempos mínimos en el procesado de imágenes o *read-out*, el tratamiento de datos y los comandos de control. Además, el misil debe hacer frente a señuelos y contramedidas

como bengalas o dispositivos DIRCM (*Directed InfraRed CounterMeasures*). En opinión del autor, la tendencia futura del guiado y adquisición en el WVR está ligada a la evolución en la tecnología de obtención de imágenes en el infrarrojo (IIR). Debe incrementarse la resolución y el FoV del FPA, lo que puede conseguirse con un mayor número de píxeles. El estado del arte para misiles SRAAM con guiado IR puede caracterizarse por FPA con capacidad bicolor formados por matrices de 128 x 128 elementos. En misiles SAM (*Surface-to-Air-Missiles*) con guiado IIR se incrementa el número de elementos (p. ej., 384 x 288) y todavía se incrementa más en misiles aire-tierra crucero o *standoff* del tipo Taurus o Stormshadow. El incremento de elementos proporciona una mayor resolución de imagen, pero también requiere mayor espacio. Para permitir que las futuras generaciones de FPA para cabezas buscadoras de IR incorporen un mayor número de elementos (p. ej., 512 x 512), estos tendrán que ser más pequeños y con capacidad multispectral intrínseca. El incremento de sensibilidad en los sensores debe ir acompañado de mejoras en la robustez o en la capacidad CCM (*Counter-Countermeasures*) del misil, lo que requiere nuevas técnicas de procesado de imágenes o *read-out* y tratamiento de datos. Es seguro que se mantendrá la batalla CCM y C-CCM (*Counter-CCM*) o IRCM (*Infrared Countermeasures*). Una mejora esperable será reducir o eliminar la necesidad de refrigeración criogénica para los sensores de IR, dadas las complejidades que conlleva y los riesgos asociados.

Elementos fotodetectores más pequeños y sensibles pueden dar lugar a nuevos desarrollos duales RF/IR. Existen varios antecedentes de autoguiado dual RF/IR, entre los que destaca el RIM-116 (*Rolling Airframe Missile*). El RIM-116 es un misil SAM empleado desde buques de guerra contra misiles crucero. Este misil, cuyas primeras versiones datan de

la década de 1980<sup>10</sup>, incorporaba en versiones posteriores la capacidad de guiado dual RF pasivo / IR. En el caso del combate aéreo, puede resultar interesante que el *endgame* o fase final de un misil aire-aire mantenga la adquisición del blanco de forma pasiva y emplear autoguiado RF (activo o pasivo) durante las primeras etapas. Sin embargo, los requisitos de maniobrabilidad y tamaño hacen que, a priori, no parezca una solución adecuada en un *dogfight*.

Desde los primeros desarrollos hasta la época actual, la tecnología de las cabezas buscadoras por infrarrojo ha ido evolucionando junto con las actuaciones de los propios aviones de combate, dotando al sistema de armas de una gran capacidad operacional. No solo ha evolucionado la capacidad de los elementos detectores, sino también multitud de aspectos: un mayor campo de adquisición o FOR, agilidad de búsqueda, la robustez ante contramedidas o maniobras evasivas, la autonomía, la capacidad de realizar giros a más de 50 G, etc.

En el presente artículo se han presentado los elementos clave que han permitido a los misiles SRAAM evolucionar de un primitivo *tail aspect engagement*, en el que el misil era ciego a todo lo que no fuera el punto caliente de la tobera del adversario, a poder lanzar, en una situación de combate aéreo, un misil SRAAM con capacidad IIR e integrado digitalmente contra un blanco maniobrable situado en el hemisferio trasero del avión. Más información en [www.inta.es](http://www.inta.es)

<sup>10</sup> Como curiosidad, debemos indicar que el RIM-116 se concibió como un misil de bajo coste que reutilizaba elementos de misiles ya existentes: el motor cohete del MIM-72 Chaparral, la cabeza de guerra del AIM9 Sidewinder y el sistema de guiado IR del FIM-92 Stinger.