

Desmontando Top Gun.

Los aspectos clave de la película

JAVIER SÁNCHEZ-HORNEROS PÉREZ
Ingeniero en el programa FCAS

En una de las secuencias iniciales, Maverick se enfrentará a la cancelación del programa Darkstar, que tiene como objetivo volar al límite de su envolvente (mach 10). Llegará no solo a esa velocidad, sino que la superará parcialmente por decisión propia, desencadenando una serie de eventos que desembocarán en una eyección a velocidades ampliamente hipersónicas.



¿MACH 10 TRIPULADO?. PREGUNTEN A LOS SKUNKWORKS...

El Darkstar de la película fue diseñado por los Skunkworks, la división de estudios avanzados de Lockheed Martin. Tras consulta de la productora con respecto a la idea de un avión ampliamente hipersónico, los Skunkworks respondieron como saben: creándolo,

basándose en unos de sus actuales diseños conceptuales, el SR-72. El realismo fue tal que incluso un satélite chino llegó a tomar imágenes de la maqueta.

Su existencia comienza a desvelarse hacia el año 2007: dron bimoto no tripulado hipersónico, capaz de lograr velocidades superiores a mach 6.0 y altitudes operativas de bloque 100 (100 000 pies). Su rol

principal sería la ejecución de funciones de Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR). El programa ha evolucionado, barajando tanto la integración de armamento hipersónico (posiblemente un High Speed Strike Weapon (HSSW) de algún tipo), como que el diseño derive a un Flight Research Vehicle (FRV) pilotado.

Las claves del programa son tanto la tecnología de fabricación del fuselaje (disminuyendo los efectos de calentamiento por fricción y la degradación de las cubiertas Radar Absorbent Materials (RAM) aplicadas) como el diseño de la planta motriz, denominada Turbine-Based Combined Cycle (TBCC). Esta permitiría propulsar al vehículo como sigue: el SR-72 aceleraría de estacionario a mach 3.0 gracias a un funcionamiento similar al de un turbojet. Cerca de mach 3.0, entraría en funcionamiento la fase de ciclo dual (ramjet/scramjet) permitiéndole superar el mach 6.



Imagen conceptual del Darkstar. (Imagen: Lockheed Martin)



SR-72. (Imagen de prensa de Lockheed Martin)



Dada la complejidad de funcionamiento y la capacidad de conseguir empuje en toda la envolvente, esta tecnología se encuentra en pleno proceso de investigación y desarrollo, en materia de estudios conceptuales, propuestas actualmente existentes, y análisis teórico de actuaciones. Operacionalmente, permitiría al SR-72 y al igual que sucedía con el Oxcart o el Blackbird, la capacidad de despegue autónoma sin la dependencia de un vehículo de lanzamiento.

El primer vuelo (demostrador) se espera que se realice hacia el año 2025, entrando en servicio previsiblemente hacia 2030. Los retos que se deben solventar son:

- Diseño parejo y paralelo tanto del vehículo como del motor, impidiendo pérdidas de rendimiento/actuaciones por uno u otro lado.
- Determinación de la geometría de admisión, permitiendo la transición de un modo de funcionamiento

de turbojet tanto a un modo ramjet como a un scramjet.

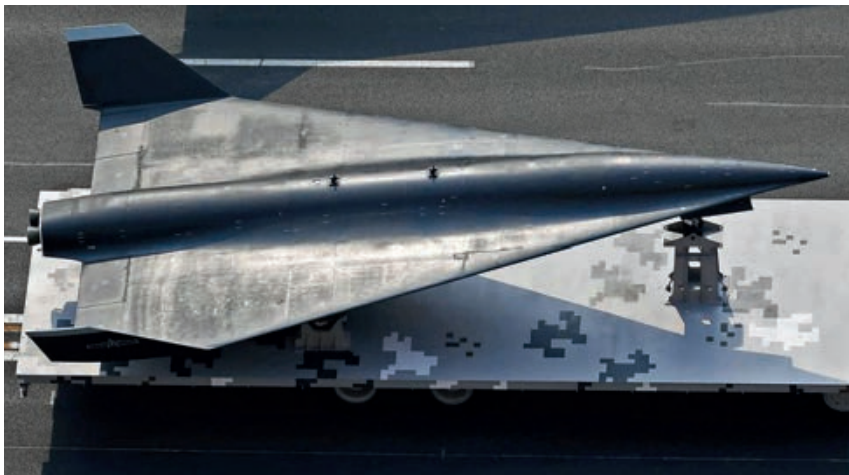
- Problemas de sobrecalentamiento a elevados números mach. Incluye a la propia estructura, la cámara de combustión y los *flame holders*, debiendo adecuarse a las características esperadas en la combustión supersónica.

El desarrollo de sistemas hipersónicos está enfocado también a la defensa antimisiles de tipo hipersónico,

que pueden llegar a alcanzar valores mach y tasas de maniobra muy elevadas. Es el caso del sistema Glide Breaker, en desarrollo por la DARPA, y que actualmente se encuentra en su segunda fase. La fase 1, lanzada en 2018 y que ganaron Northrop Grumman y Aerojet Rocketdyne, desarrolló el sistema de control de actitud y desviación (DACs, Divert and Attitude Control System). La fase 2, iniciada en mayo de 2022, tiene como objetivo



Concepto Glide Breaker. (Imagen pública de DARPA)



Diseño del WZ-8, en 2019. (Imagen pública de China Internet)



Imagen del segundo prototipo (2021), mostrando una de las dos unidades de boosters. (Imagen pública de China Internet)

conducir ensayos en túneles de viento y en vuelo, recopilando los datos necesarios que permitan conocer los efectos de las iteraciones entre el sistema de control de actitud y el flujo de aire hipersónico, y como afecta a la capacidad de control y maniobra del vehículo durante la interceptación de la amenaza.

Europa no se queda atrás. La iniciativa europea Hypersonic Defence Interceptor System (HYDEF) y coordinada por la industria española, supone hasta el momento la mayor subvención otorgada por el European Defense Found (EDF). El objetivo es el desarrollo de un interceptor hipersónico endoatmosférico, capaz de enfrentar las amenazas hipersónicas futuras. En el proyecto participarán 13 empresas y siete naciones, incluyendo España, con el INTA, SENER Aeroespacial, GMV, Escribano M&E, Navantia y Skylipe. Su funcionamiento sería similar a la propuesta de la DARPA.

China está inmersa en desarrollos similares, como el WZ-8 Arrow. La plataforma se desveló durante una parada militar en 2019 en Beijing, apareciendo nuevamente en el Zhuhai Air Show (septiembre de 2021).

El WZ-8 requeriría de una plataforma de lanzamiento, impulsándose mediante dos unidades cohete que lo llevarían a velocidades hipersónicas y altitudes entre 100 000-150 000 pies. No dispone de controles a reacción de actitud, sólo de superficies convencionales. Se desconocen detalles del nivel actual de desarrollo del programa.

Se espera que desarrolle funciones de Surveillance, proporcionando capacidades avanzadas a la People's Liberation Army (PLA), en materia de inteligencia, disposición de tropas, evolución del teatro de operaciones, battle assessment y toda la información relacionada con estos puntos.

Concluyendo: hasta la fecha no hay vehículo pilotado (no espacial) que haya llegado a las cifras que se manejan en la película, como tampoco se ha producido una eyección ni siquiera mínimamente cercana a mach 10. Y mucho menos, salir físicamente de la misma en casi perfectas condiciones.

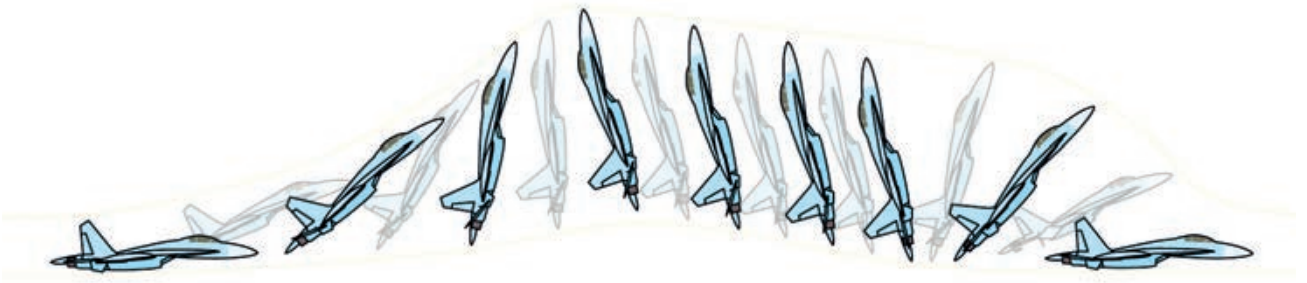
COMBATE AÉREO

En su nuevo destino, Maverick comienza una «toma de contacto» de los candidatos (todos graduados de Top Gun), evaluando en un día sus aptitudes mediante un Dissimilar Air Combat Training (DACT) de 1vs2.

El combate entre cazas, generalizado con el término Dogfight, puede evolucionar en dos vertientes: si el combate es 1vs1, mediante una combinación de Basic Fighter Maneuvers (BFM). Si el combate es entre/contra múltiples objetivos, mediante Air Combat Maneuvers (ACM).

Simplificando enormemente, demandan del piloto tanto las capacidades necesarias para desarrollar y mantener una conciencia situacional completa, como la capacidad de desarrollo en tiempo real de tácticas y maniobras con el objetivo de derribar al adversario e impedir tu propio derribo. Profundizando brevemente, tendríamos:

- Cambios continuos de actitud en las tres dimensiones. Posible desorientación espacial asociada.
- Factores de carga entre -3 y 9 G tanto instantáneos como sostenidos, que pueden conllevar a la famosa visión de túnel o incluso al Loss of Consciousness (G-LOC).
- Necesidad de gestionar los sistemas de búsqueda y seguimiento de objetivos, autodefensivos, y el propio armamento y sus modos.
- Factor/condición psicológica y fisiológica que permita la acometividad considerando al menos los puntos anteriores, añadiéndose la presión extra en condiciones de misiones reales.



Cobra de Pugachev. (Imagen: Henrickson)

Es llamativo el número de salidas realizadas por Maverick en el mismo día. En maniobras reales, tampoco se compromete la seguridad en vuelo realizando maniobras de muy alto riesgo, como sucede en repetidas ocasiones en la que «atraviesa» la burbuja rival (la burbuja es el radio de giro al máximo rendimiento (performance) que el avión es capaz de ejecutar según su estado de energía, interviniendo velocidad, altura, empuje disponible...; cuando el avión está en su punto de performance máxima, su radio de giro iguala a la burbuja), o continúa un tirabuzón descendente desde el inicio (erróneo) del enfrentamiento, rebasando además la altitud mínima de seguridad (DECK, que simula la posición del

terreno. Al rebasarla, se indica inmediatamente «terminate», finalizando el ejercicio).

Se añaden:

- Los actores aparecen sin las máscaras. En operaciones reales, permanecen puestas prácticamente desde el arranque hasta la parada de motores.
- Exceso de conversaciones.
- Los G y violencias físicas prácticamente no les afectan.
- Las maniobras ejecutadas por el perseguido (plano horizontal) no bastan para evadir al perseguidor. Los *inputs* del piloto no se corresponden con la maniobra.
- No se emplean modos de radar ACM, únicamente el modo GUN.
- La simbología de la pantalla radar: supuestamente se emplean modos aire-aire, pero la representación

es la del modo Ground Moving Target (aire-suelo), con un diagrama de un F-18 en el origen (inexistente en la realidad). Los datos mostrados son incorrectos.

- Simbología del HUD: si bien la representación es correcta según los modos que se muestran, algunos elementos difieren de la vida real. Ejemplo: el aviso de altitud directa contra el terreno, que no aparece en el HUD real tal y como aparece en la película.

- Son correctos muchos aurales, como el *pull up, pull up*. No así otros, heredados de la precuela (como los *lock-on*).

- La cobra ejecutada por Maverick: no es posible realizar una maniobra de este tipo en el Rhino, quedando restringida a la familia Flanker. Es una imagen generada por computador, reflejo deformado de un *un-loaded pushover*.

«ESTÁ EN EL RINCÓN DEL FÉRETRO...»

Maverick entrena a los aspirantes para la ejecución de la misión de ataque a la instalación enemiga. Tras el *weapons release* (GBU release más bien), los pilotos se ven obligados a tirar de palanca a muy alta velocidad y evolucionar en la vertical esquivando la montaña que tendrán enfrente a máximos G, entrando, según la película, en el «rincón del féretro».

En la realidad, el *coffin corner* o «rincón del féretro», es aquella región de la envuelta en la que coinciden las zonas de pérdida por baja y por alta velocidad. Se produce en aviones



Cruce entre un F-14A y un F-16N de Top Gun durante un DACT en 1990. (Imagen: USN)



Dos U-2S en vuelo a FL700. (Imagen: USAF)

subsónicos capaces de alcanzar un elevado número de mach, principalmente a grandes altitudes de vuelo en donde la densidad del aire es menor. Simplificando enormemente, está relacionada con las diferencias entre la CAS (Calibrated Air Speed), y el número de mach crítico en términos de TAS (True Air Speed).

El mach crítico (explicación divulgativa) es la velocidad máxima a la que el aire puede desplazarse en la superficie del ala sin perder sustentación (por efectos de separación del fluido y generación de ondas de choque). Cualquier incremento de la velocidad por encima de ese valor generará el mach tuck: la entrada del avión en una actitud de morro bajo ganando velocidad y perdiendo actitud de forma incontrollable, previo *buffeting*.

Como ejemplo, el U-2: a 70 000 pies, el avión entrará en pérdida por baja velocidad cerca de 90kt (CAS), y por alta, a unos 110kt (CAS) con una TAS media de 525kt. El *coffin corner* sería esa región de unos 20kt entre una y otra, según peso y configuración.

En la película, es correcto el empleo del deslimitador de G de la palanca para el ascenso mencionado, haciendo un *override* en el Flight Control System a los 7.5 G máximos (según configuración) que podría alcanzar el Rhino, a más de 9 (9.2, 9.3

hasta que vuelve a tomar el control activo), pero no a los valores de 10 G que aparecen. El límite estructural no son esos 7.5 G, sino 14 G.

Tampoco es exacto que, para mantener la designación del objetivo terrestre tras el *pull-up*, Maverick tenga que ajustar la posición del designador del FLIR (Forward Lookind Infra-Red) con el TDC (Throttle Designator Control): una vez adquirido y designado el *target*, permanecerá así, siempre que no se sufra algún *masking* por estructura/obstáculos de cualquier tipo.

MISIÓN FINAL

La misión final consiste en un *deep strike* (que aunque puede tomar varias formas y significados, el concepto base es el ataque contra un objetivo a distancias relativamente lejanas del territorio amigo) contra un objetivo bajo tierra, empleando munición guiada por láser, dada la precisión necesaria e inhibición de GPS que, según la película, afectaría tanto a este armamento como al empleo de F-35C. Localizado en un entorno montañoso, está protegido por una IADS (Integrated Air Defense System, sistemas de detección y defensa aérea interconectados entre sí) de muy alta densidad, y cazas desplegados en una base aérea cercana. El paquete *strike* ejecutará una inserción volando un perfil de muy baja

cota y alta velocidad, empleando el terreno montañoso (*masking*) evitando la detección por parte de los radares enemigos, y de las posibles patrullas Combat Air Patrol (CAP) en el aire. Además, se coordinarán con el ataque con misiles Tomahawk ejecutado contra la base aérea cercana enemiga.

La combinación de tipo de misión y perfil de vuelo podrían ser plausibles (extremadamente demandante en términos de planificación, físicos y psicológicos para los pilotos). No así el desarrollo:

- La presencia del grupo de portaaviones habría sido detectada. Las fuerzas armadas enemigas entrarían en estado de alerta, empleando radares EW/Surveillance. Dada la orografía, el valor de elevación en el escaneo variaría entre unos y otros para cubrir todas las altitudes posibles.

- El E-2 Hawkeye en vuelo habría alertado a los sistemas pasivos ESM/ELS (Electronic Support Measures/Emitter Location System) de la IADS enemiga de la presencia de los estadounidenses.

- Los radares de adquisición de objetivos de IADS podrían activarse siguiendo la cadena de acontecimientos.

La alta RCS (sección transversal de radar cuán visible se es al mismo) de los Rhinos por geometría y carga de

pago, habría supuesto su detección prácticamente desde el despegue (más aún, si los radares de la IADS son de tipo AESA). Esta posibilidad se incrementa al volar a media-alta altitud, antes de la inserción.

- Los misiles Tomahawk podrían detectarse según algunos puntos anteriores, repitiéndose pasos de la cadena descrita.

- El descenso e inserción a baja cota se realiza en la proximidad del objetivo: si bien la orografía es incuestionable, enmascarando las trazas del paquete Strike, este nunca hubiera llegado tan cerca del punto de inserción.

- Elevada tasa de fallo de los misiles antiaéreos tras ser disparados: actualmente, muchos modelos disponen de cabezas buscadoras activas, pudiendo dispararse en *maddog* (sin designación previa, la propia cabeza buscadora del misil hace un *lock-on* al primer objetivo que encuentre).

- Al ejecutar maniobras evasivas consecutivas, los Rhinos perderían energía a una tasa muy elevada, en las que (parece) emplean únicamente flares, dispensándose con el pulsador lateral del *cockpit* DISP en lugar del Throttle y el programa de contramedidas activo.

Esta contramedida sería inútil frente a misiles guiados por radiofrecuencia (empleados por las baterías, según parece por la IADS enemiga y por el perfil de vuelo).

Considerando las condiciones de contorno, en operaciones reales habría sido necesaria la participación adicional de, como mínimo, paquetes coordinados de:

- Guerra electrónica con capacidades *stand-off jamming*.
- SEAD/DEAD (eliminación de defensas aéreas).
- Escolta aérea que además estableciesen una TARCAP.

El paquete Strike (Maverick) podría valorar volar en condiciones EMCON completas, relegando la



Aviones participantes en la película *Top Gun* original. (Imagen: USN)



Sección posterior del F-14A mostrando las toberas del TF-30. (Imagen: Chiefhuggycbear)

detección de enemigos a sus sistemas ESM (Electronic Support Measures), levantando la condición en el caso de alguna amenaza inmediata.

EL TOMCAT

Tras una serie de eventos que acontecen durante la misión final, Maverick vuelve a los mandos, de un F-14 Tomcat de la potencia enemiga.

El F-14 de la *Top Gun* original y su secuela, es la variante Alfa, equipando, al menos, dos elementos característicos: los motores Pratt&Whitney TF-30-P-414A de 20 900 libras de empuje en postcombustión, y el radar Airborne Weapons Group Model 9 (AN/AWG-9).

Los TF-30, originalmente sin postquemador, fueron uno de los primeros turbofans, desarrollados para

la aviación de combate. Se crearon para el programa F-6D Missileer, equipándose finalmente en el A-7 Corsair. El programa TFX, precursor del Tomcat y cuya cancelación dio lugar a este, decidió adoptarlo, incluyendo Pratt&Whitney un sistema post-combustor. El F-14 hubiera equipado desde un inicio los Pratt&Whitney F-401, aunque retrasos en el desarrollo y problemas presupuestarios supusieron la integración de los TF-30, que no solo no daban el empuje adecuado para el peso y actuaciones demandadas al Tomcat (menos aún con la carga de pago completa de seis misiles Phoenix y tanques externos), sino que eran tendentes a sufrir un Compressor Stall.

Para paliarlo, se integraron tres elementos:

- El air inlet control system (AICS): controlaba la posición de las superficies variables de admisión.

- El mid compression bypass system (MCB): mitigaba los efectos de ingestión de aire de baja energía en el compresor mediante un sistema de soplado.

- El mach lever: controlaba las revoluciones por minuto en función del número mach, incrementando el valor mínimo de estas a altos valores de ángulo de ataque en subsónico.

No fue hasta la integración de los General Electric F110-GE-400 (de 26 950 libras de empuje en post-combustión), cuando el Tomcat realmente tuvo unos motores a la altura, eliminando dichos defectos.

El radar AWG-9, *state of art* de la época, era capaz de seguir a 24 objetivos y atacar a seis de ellos simultáneamente con la carga completa de misiles AIM-54 Phoenix. La versión exportada a Irán contaba con unas leves modificaciones que le hacían perder prestaciones con respecto a la versión de la Navy.

En la película se dan detalles del Tomcat que no pudieron darse en la precuela por ser secretos en 1986: *cockpits*, simbología del HUD, y sonidos originales del avión en muchas secuencias. Como puntos interesantes de este bloque:

- En el *Start-Up* real del Tomcat, se necesitaba el trabajo conjunto tanto del piloto (que no iniciaría

el arranque con los pulsadores de selección de modo del HUD, como sucede en la película) como del RIO, incluyendo personal de tierra, sumándose el tiempo de alineamiento del inercial: es altamente improbable que pudiese arrancar-se el avión satisfactoriamente.

- Maverick emplea la palanca de emergencia (EMERG) para variar la geometría del ala. En operaciones reales, esta era utilizada o bien durante emergencias, o bien durante las operaciones previas y posteriores al vuelo. La variación de la geometría en vuelo se ejecutaba con un selector del propio Throttle, pudiendo ser: AUTO (controlado por el sistema de control de vuela-



lo según la velocidad), AFT-FWD (incremental, controlado por el piloto), y Ground Attack (BOMB, 55.º de flecha, fija).

Dadas las maniobras que se ejecutan, la mayor parte del tiempo hubiera estado extendida.

- Es altamente cuestionable la capacidad de supervivencia ante los Su-57 enemigos y sus misiles. Destacar:

- La efectividad de las *flares* (bengalas) del F-14 frente al (supuesto) R-73 Archer.

- La brusquedad en el mando de gases con los TF-30 a baja velocidad realizando además un resbale a alto ángulo de ataque, que supondría un Compressor Stall.

- La lentitud de los sistemas enemigos para lograr un *lock-on* y los efectos tan acusados del terreno sobre estos durante el vuelo rasante por el cañón.

- El empleo de un R-77 de guiado activo durante el *faceto-face* final en condiciones visuales (fácilmente evadido con un tirabuzón, difícil aunque se disparase, como parece, por debajo de la RMin del misil). Lo más adecuado hubiera sido el empleo, nuevamente, de un Archer.

Posiblemente, la mejor opción hubiera sido meter postquemador y volver lo más rápido posible al portaviones, de forma que el grupo naval pudiera cubrir la retirada.

CONCLUSIÓN

Independientemente de todos los puntos desarrollados en ambos artículos (incluyendo un número elevado de eyecciones en condiciones extremas y consecuencias aparentemente nulas para la fisiología de los afectados), es innegable que *Top Gun: Maverick* pasará al conjunto de películas de aviación consideradas imprescindibles en la filmoteca de cualquier aficionado o profesional. El dinamismo, fluidez y las pinceladas de realismo que se le ha dado a esta secuela, hacen de ella un producto redondo que se visionará, al igual que la primera entrega, una y otra vez por varias generaciones. ■

