

---

# EL PADRE DEL COMBATE AÉREO

Alfonso V. López Soriano  
Comandante de Aviación

---



John Boyd.

**C**omo piloto de caza y ataque, reconozco que me sentí asombrado, y por qué no, avergonzado, de mi total ignorancia en materia de cultura aeronáutica, en lo que a los orígenes de la teoría moderna del combate aéreo se refiere.

Llegué a John Boyd por accidente, sin buscarlo, como consecuencia de otro de sus logros intelectuales que no vienen al caso...

*"El sol que se reflejaba en una docena de objetos metálicos en la distancia aceleró el pulso del piloto de caza. John Boyd y su líder vieron cómo los diminutos Migs despegaban de un campo al norte del río Yalu, les perseguirían y derribarían para conseguir una rápida victoria, pensó Boyd, pues a pesar de su escasa experiencia ya se había labrado una buena fama entre sus compañeros, y no era más que un punto, ni siquiera jefe de pareja. Nunca llegaría a serlo; era el año 1953 y la gue-*

*rra terminaría en unos meses. Boyd acumulaba 22 de las 30 misiones de combate requeridas para calificarse como tal. Un punto siempre está sometido a la voluntad del líder, y él era mejor que la mayoría...*

*Los Migs iniciaron su ascenso y el líder los siguió a través del Yalu, Boyd a su lado, vigilando sus "seis". Los enemigos plateados pronto se percataron y comenzaron a reaccionar. Uno de ellos maniobró virtuosamente ganando una posición ofensiva sobre Boyd, quien gracias a un contacto visual a tiempo y a su buen hacer, consiguió forzar un "overshoot" del Mig. El Mig-15 era un avión que subía más, viraba más, y aceleraba más que el F-86 Sabre americano.*

*Boyd mantenía apoyo visual con su líder y se concentraba en los Migs que perseguían, no entendía por qué su líder tardaba tanto en derribar al Mig que tenía a escasos 70 metros de su morro; en realidad tenía un problema eléctrico y no podía ni usar la radio ni disparar. Boyd era incapaz de comunicarse con él, y no sabía cómo decirle que se apartara para poder disparar. Finalmente el líder rompió fuerte y se escaparon del combate por bingo de combustible, poniendo rumbo sur para recuperarse. Después de aterrizar, intercambiaron historias que parecían mucho más divertidas abajo que en el aire... Sabían que acababan de perder la última oportunidad de volver a casa con un trofeo entre las manos.*

*La decepción de volver con las manos vacías le quemaba por dentro. Tampoco entendía cómo los americanos habían conseguido una proporción de derribos de 10 a 1 a su favor contra un Mig-15 claramente superior. Boyd sabía que estaban mejor entrenados, pero ¿era eso suficiente? El Sabre era superior en las transiciones entre maniobras, esto podría deberse a una mayor potencia hidráulica en los actuadores de las superficies aerodinámicas, que le permitía cambiar rápidamente su actitud en los tres ejes. Además la cabina tenía mejor visibili-*



YF-16 y YF-17.

dad, con lo que ganaban en "Situational Awareness". Esta idea de los cambios rápidos de maniobra, la habilidad para intercambiar energía rápidamente, la gestión de la energía en el combate... impactó a Boyd, y en el futuro le llevaría al desarrollo de sus teorías sobre el combate aéreo y la guerra de maniobra".

John Boyd nació en 1927. En 1945 se alistó en el "Army Air Corps" como tropa, y participó en la ocupación de Japón. Lo dejó en 1947 y se fue a la universidad, donde se enroló en el programa ROTC, Reserve Officer's Training Corps, de la Fuerza Aérea americana para hacerse oficial. En 1952 se graduó y seguidamente se hizo piloto, siendo seleccionado para volar bombarderos; sin embargo rechazó la oferta, y consiguió, no se sabe bien cómo, convencer a sus jefes para ir destinado a una unidad de caza y ataque.

Llegó tarde a la guerra de Corea, siendo destinado a la Base de Suwon en Corea del Sur en marzo de 1953. Los pilotos americanos tenían terminantemente prohibido cruzar el río Yalu, pues en la franja de 30 millas al sur del Yalu, conocida como "Mig Alley", era donde había más posibilidades de ser derribado. A pesar de las restrictivas reglas de enfrentamiento, algunos pilotos americanos se "extraviaron" en Manchuria y consiguieron los primeros derribos. Las tácticas usadas eran básicamente de pareja, en las que el líder era el que disparaba y el punto vigilaba proporcionando apoyo mutuo visual. Las hostilidades cesaron antes de que Boyd llegara a convertirse en jefe de pareja, así que nunca tuvo oportunidad de disparar.

Como mejor piloto de F-86 Sabre de su escua-

drón, Boyd fue nombrado segundo oficial de Operaciones en octubre del 53, y un mes más tarde jefe de Escuadrilla e instructor de tácticas del escuadrón. No tardó en ser seleccionado para realizar el curso de instructor de armas en la "Fighter Weapons School", en la Base Aérea de Nellis. La escuela de Nellis había nacido en 1949 y se usaba principalmente para enseñar técnicas de empleo de cañón tanto en aire-aire como en aire-suelo, poco más.

Cuando llegó Boyd en 1954 la escuela aún estaba en sus albores, poco había cambiado desde su establecimiento. "No usaban muchas tácticas, sólo tiro de cañón, así que comencé una auténtica revolución de la que estoy especialmente orgulloso. Hay que afinar las tácticas, era lo único en que pensaba. Nuestros chicos podrán dar al objetivo cuando lo tengan delante, pero primero hay que conseguir que lo tengan delante". Ni siquiera existía un manual de tácticas, y todo el entrenamiento se basaba en prácticas de tiro aire-aire contra un blanco remolcado. Pensó que había grandes carencias en la instrucción, que se enseñaba por "instinto" y a base de horas de vuelo. Pudo experimentar mucho y pronto descubrió que era capaz de derribar a algunos de los instructores, lo que le hacía sentirse bastante bien.

Después de graduarse permaneció en la escuela como instructor. En el año 55 fue dividida en tres áreas: operaciones y entrenamiento, investigación y desarrollo, y enseñanza, ésta última a cargo de Boyd. No le resultó difícil modificar el programa de entrenamiento haciendo hincapié en las maniobras básicas de combate, para ir poco a poco dejando de un lado el tiro de cañón. Como sus ideas

eran revolucionarias, tuvieron una considerable inercia inicial, pero consiguió desarrollar un curso radicalmente nuevo. Eliminó de los briefings de misión casi toda la parte administrativa, dando mucha más importancia a la parte táctica.

En esta época es donde empieza a ser considerado como el mejor piloto de caza de la Fuerza Aérea americana. La especialidad de Boyd con el F-100 Super Sabre era "planchar el avión", para ello había que tirar de la palanca hasta el tope con las dos manos y aguantar, cuando la velocidad había caído lo suficiente se meía un pie a tope, lo que se traducía en una especie de espiral descendente que automáticamente ponía al oponente enfrente de tu avión y a tiro de cañón, sin saber éste lo que había pasado. La primera lección de Boyd a los recién llegados era el uso de los pedales a altos ángulos de ataque. Esta maniobra dio nacimiento a la leyenda de los "40 segundos"; le empezaron a llamar "el Boyd de los 40 segundos" porque siempre apostaba 40 dólares a que era capaz de batir a cualquier oponente situado a sus "seis" en menos de 40 segundos. Se dice que en seis años como instructor y más de 3.000 horas de vuelo nunca perdió dicha apuesta en Nellis.

Tácticamente hablando, la parte final de su estancia en Nellis la dedicó al estudio de las formaciones flexibles, fluidas, en lugar de las formacio-

nes rígidas y cercanas que se llevaban por esa época, como las que solía volar en Corea.

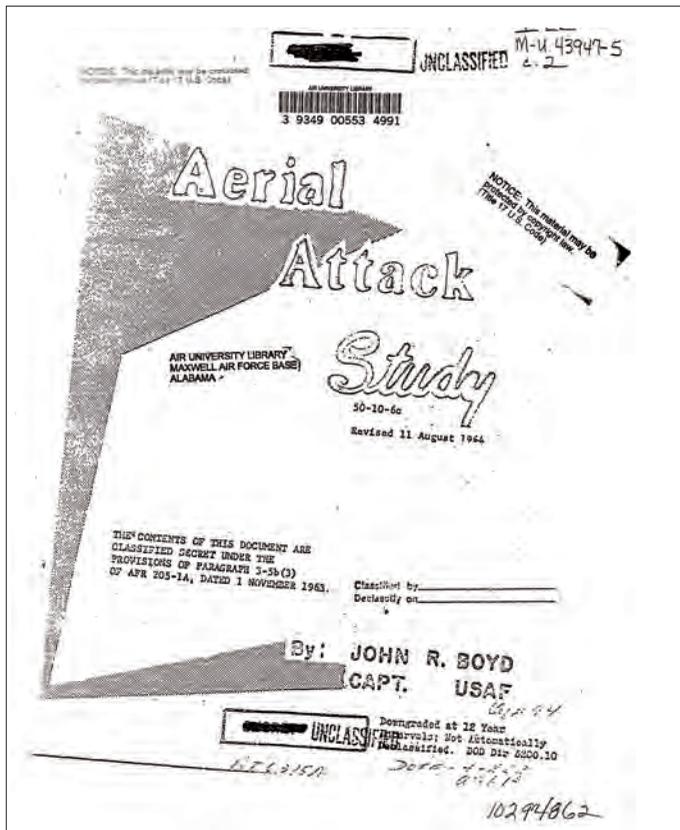
A finales de los 50 decidió solicitar una beca del Instituto de Tecnología de la USAF para estudiar ingeniería. Durante sus estudios se dio cuenta de que no era ni la velocidad ni la potencia lo que hacía que un piloto venciera sobre otro, sino su nivel de energía; si pudiera analizar el combate aéreo en términos energéticos, podría desarrollar ecuaciones sobre las actuaciones (performances) de los aviones... Durante su carrera escribió un manual de tácticas, que terminó en 1960: "Aerial Attack Study", tenía 150 páginas, y ese mismo año se convertiría en el manual oficial de tácticas de la USAF. Boyd estaba haciendo historia.

En 1962, después de graduarse en ingeniería, fue enviado a la Base de Eglin, que era donde la USAF probaba su armamento más moderno. Por esta época Boyd ya era comandante, y en su tiempo libre comenzó a masticar una teoría energética que vino a llamar "teoría del exceso de potencia". Allí conoció al matemático Thomas Christie, con quien desarrolló un arduo trabajo sobre energía de maniobra. El proyecto se llamó "TR-66-4 Energy Maneuverability, Vol. I and Vol. II" o "E-M", y explicaba que las actuaciones de cualquier avión podían medirse cuantitativamente en términos de energía cinética y potencial en toda su envolvente de vuelo, y lo más importante: que las características de la energía, el régimen de viraje, el radio de viraje, y los factores de carga "G", se podían utilizar para realizar un análisis comparativo de las performances relativas de un avión respecto a otro.

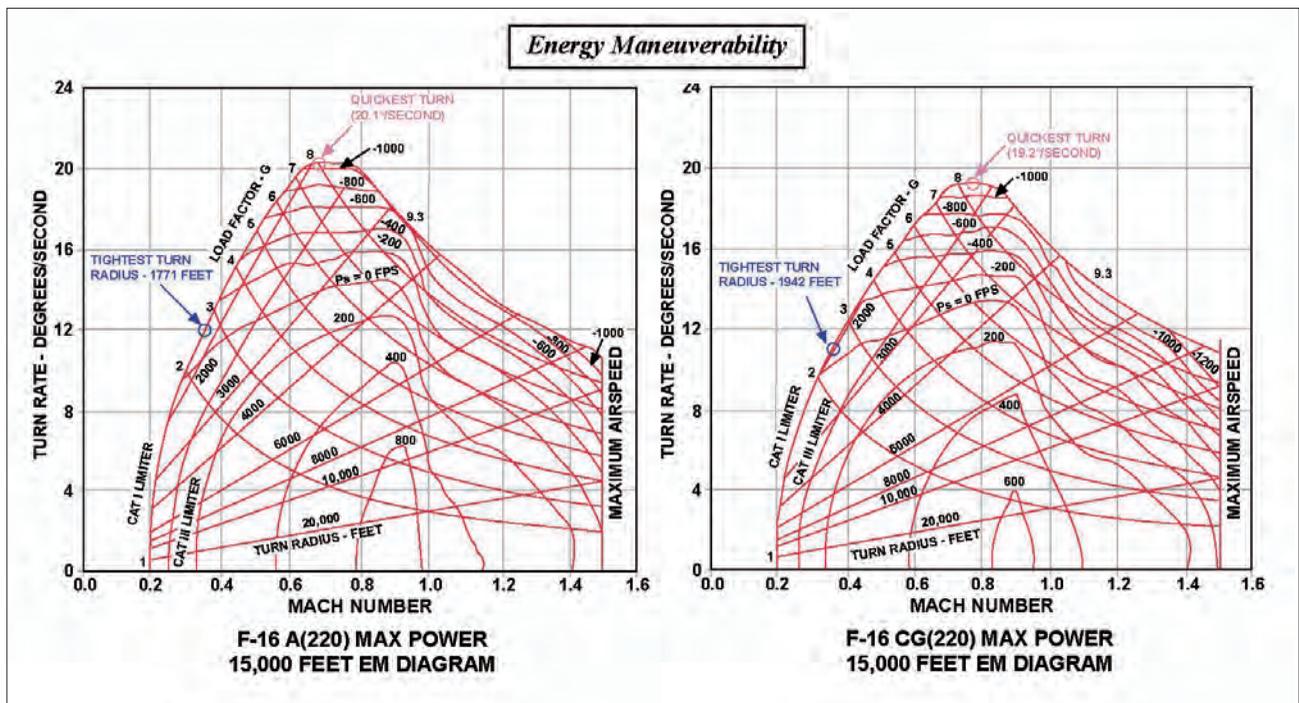
El corazón de la teoría E-M era la relación entre el empuje y la resistencia. Boyd quería saber lo deprisa que podía un piloto ganar energía con los gases de su avión al máximo, normalizando esa información para que pudiera ser utilizada independientemente del peso del avión en cuestión. No quería comparar energía total, sino específica, que no es más que la total dividida por el peso. De esta forma se podría estudiar el nivel energético de un avión en base a la diferencia entre el empuje disponible y la resistencia. Esto dio lugar a la ecuación de exceso de potencia específica: empuje menos resistencia dividido entre peso, y todo ello multiplicado por velocidad.

Esta sencilla ecuación es el corazón de su teoría sobre la energía de maniobra, y no se quedó en un mero estudio teórico, sino que hizo cambiar las tácticas sobre combate aéreo y el diseño de los aviones de caza para siempre.

Por aquella época, tanto la USAF como la US Navy estaban envueltos en sendos programas para la adquisición de cazas. En 1963, un estudio de la USAF con el objetivo de identificar las tendencias del futuro armamento y de las áreas de máxima prioridad para la inversión en I+D (Investigación y Desarrollo), concluía que el futuro del



Portada del trabajo "Aerial Attack Study", de John Boyd.



Diagramas de Energía de Maniobra de las versiones "A" y "CG" del F-16 "Falcon", a 15.000 pies de altura y máximo empuje.

combate aéreo lo determinaría el empleo de misiles cada vez más sofisticados. En base a este estudio el caza del futuro sería diseñado dando prioridad al alcance, la velocidad máxima supersónica, y la integración y empleo de sofisticados sensores y misiles; cualidades que en su conjunto permitirían detectar, acometer y eliminar al enemigo en combate BVR, más allá del alcance visual o "Beyond Visual Range". Estas características harían que dichos aviones se parecieran más a interceptadores puros que a cazas clásicos de superioridad aérea, serían aviones mucho más pesados, más sofisticados tecnológicamente, y más costosos. Tanto la USAF como la US Navy ponían sus esperanzas en el General Dynamics F-111 y el McDonnell Douglas F-4 Phantom II para sus misiones de medio y largo alcance; precisamente esa percepción de la "muerte" del combate visual, WVR o "Within Visual Range", en favor del combate BVR, resultó en la decisión de no instalar un cañón interno en el diseño original del Phantom, cañón que sería introducido posteriormente en la versión E, siete años después de su entrada en servicio.

Sin embargo, la guerra de Vietnam reveló algunas carencias en los cazas americanos, pues a pesar de conseguir mayor proporción de derribos, los viejos cazas soviéticos resultaron más difíciles de batir que lo anticipado. Por un lado los recién nacidos misiles aire-aire eran mucho menos eficaces de lo esperado, por otro el combate aéreo había quedado relegado a las últimas prioridades de entrenamiento (pues se suponía que no sería necesario

con los nuevos misiles), por último las reglas de enfrentamiento, ROE o "Rules of Engagement", eran muy poco permisivas, pues exigían en la mayor parte de los casos una identificación visual positiva del avión enemigo, lo que indudablemente forzaba a los americanos a entrar en el combate visual, WVR, terreno en el que la maniobrabilidad y las armas de corto alcance son los factores más decisivos, favoreciendo a los Migs vietnamitas.

En 1965 la USAF inició dos programas para el desarrollo de un nuevo caza de superioridad aérea: el F-X, o Caza Experimental (Fighter Experimental), y el ADF, Caza Avanzado Diurno (Advanced Day Fighter). El F-X se concebiría como un "avión de apoyo táctico", pesaría unas 60.000 libras (27.200 kilos), tendría dos motores, relación empuje-peso de 0,75, velocidad máxima 2,7 Mach, alas de geometría variable... y sería muy caro. El ADF pesaría unas 25.000 libras (11.300 kilos), tendría un solo motor, y debería maniobrar un 25% mejor que un Mig-21. Sin embargo, la aparición por primera vez en escena del Mig-25 soviético en 1967, capaz de volar a tres veces la velocidad del sonido, favorecería al proyecto F-X en detrimento del ADF. Todo hacía presuponer que el proyecto F-X se convertiría en una versión modernizada del F-111...

Por aquel entonces las teorías de Boyd habían calado muy hondo en un grupo de autoritativos y proactivos analistas de defensa, compuesto por oficiales de la USAF y civiles auto-bautizados con nombre de "la mafia de los cazas" o "The Fighter Mafia". Este grupo promovía el concepto de caza

### Turn Rate/Radius/Ps

**F-16CG B1k 42 15,000 FT MSL MAX AB Drag=0 GW=22,000 Turn Rate/Turn Radius/Energy Bleed Rate in KCAS/Sec**

KCAS/M/ TAS/ FT/Sec	2G	3G	4G	5G	6G	7G	8G	9G
500/.96/ 600/ 1014		5/12k/+12	7/8.5k/+11	9/6.6k/+5	10.5/5.5k/2	12.5/4.7k/-5	14.5/4k/-13	17/3.5k/-29
475/.92/ 580/ 980		5.5/10k/+13	7.5/7.5k/+11	9.5/6k/+7	11/5k/+3	13/4.5k/-3	15/3.6k/-10	17.5/3.3k/-26
450/.87/ 550/ 925		5.5/9.5k/+14	8/7k/+13	10/5.5k/+8	12/4.5k/+5	14/3.8k/-2	16/3.3k/-12	18.5/2.8k/-20
425/.83/ 525/ 887		6/8.5k/+15	8/6.4k/+12	10.5/5k/+9	12.5/4k/+3	14.5/3.5k/-5	16.5/3.1k/-5	19/2.7k/-33
400/.78/ 485/ 832		6.5/7.5k/+13	9/5.5k/+11	11/4.2k/+7	13.5/3.5k/0	15.5/3k/-13	17.5/2.6k/-22	19/2.5k/-44
375/.73/ 460/ 777		7/7k/+16	9/5k/+10	11.5/3.8k/+5	14/3.3k/-3	16.5/2.8k/-17	19/2.4k/-34	
350/.69/ 435/ 735		7/6k/+12	10/4.3k/+9	12.5/3.4k/+2	15/2.8k/-9	17.5/2.5k/-27		
325/.64/ 435/ 735		7.5/5k/+11	10.5/3.8k/+7	13/3k/-2	16/2.5k/-17	18/2.2k/-30	(6.5g max)	
300/.59/ 370/ 625		8.5/4.5k/+12	11.5/3.2k/+4	14.5/2.6k/-8	17/2.1k/-30			
275/.54/ 340/ 575	5/6k/+14	9/3.8k/+9	12.5/2.7k/0	15.5/2.1k/-23				
250/.49/ 310/ 525	6/5k/+15	10/3k/+5	13.5/2.2k/-10	16.5/1.8k/-21				
225/.44/ 280/ 475	7/4k/+9	11/2.4k/0	13/1.8k/-10	(3.5g max)				

#### SIGNIFICANT POINTS ON CHART

CONSTANT TURN #s	0 Ps	INSTANTANEOUS (W/BLEED RATE)
425 KIAS	13.5°/second/3,700 FT T <sub>R</sub>	19°/second/2,600 FT T <sub>R</sub> at-33 Knots/second
330 KIAS	12°/second/3,200 FT T <sub>R</sub>	18°/second/2,100 FT T <sub>R</sub> at-30 Knots/second
275 KIAS	12.5°/second/2,700 FT T <sub>R</sub>	16°/second/2,000 FT T <sub>R</sub> at-23 Knots/second

BREAK TURN (AVG. MAX G PULL FOR 6 SEC)	IDLE	MIL
Tr:	2,500 FT	2,500 FT
A/S BLEED:	425 KCAS => 250-275	425 => 325-300
AVGERAGE TURN RATE:	16°/second (100°)	16°/second (110°)

*Tabla comparativa de performances de un F-16CG bloque 42 a 15.000 pies de altura y máximo empuje, con indicación de radio y régimen de viraje, así como sangrado de energía a distintas velocidades y factores de carga.*

ligero resultante de los estudios de Boyd, y consiguió la suficiente influencia para re-encaminar el desarrollo del proyecto F-X; de "avión de apoyo táctico" pasó a llamarse sencillamente "caza", su peso debería reducirse de 60.000 a 40.000 libras, la cúpula debería proporcionar óptima visibilidad al piloto, y la relación empuje-peso sería 1,4 y velocidad máxima de 2,3 Mach. A pesar de ello, el proyecto estaba muy avanzado y los cambios que se pudieron realizar fueron muy limitados. El F-X sería un poco la respuesta al Mig-25 soviético, pero el problema del combate WVR contra aviones maniobrables seguía intacto, además la cantidad de F-X sería pequeña en comparación con la ingente cantidad de pequeños Migs.

En 1969 la "Fighter Mafia" consiguió financiación para un estudio dirigido al desarrollo de un avión de caza pequeño y barato, con óptima visibilidad en cabina, ligero, de baja resistencia aerodinámica y basado en los principios de la teoría sobre la energía de maniobra. El estudio fue llevado a cabo por General Dynamics y Northrop, y demostró empíricamente que era posible desarrollar un caza dos veces más maniobrable y con doble radio de acción que un F-4 D "Phantom", con algo más de la mitad de su peso.

Los defensores del proyecto F-X se oponían al concepto del ADF, que había sido rebautizado con el nombre F-XX, fundamentalmente porque lo veían como una amenaza para el mismo. Sin embargo y gracias al anterior estudio, el F-XX ganó apoyo insti-

tucional en la administración Nixon, y en 1972 el gobierno americano emitió una Solicitud de Propuesta, RFP o "Request For Proposal", para el desarrollo del que a partir de entonces sería llamado caza ligero, LWF o "Lightweight Fighter": un caza de 20.000 libras de peso (9.100 kg.), con buenos regímenes de viraje, aceleración y alcance, optimizado para combatir a velocidades entre 0,6 y 1,6 veces la velocidad del sonido, y capaz de volar a entre 30.000 y 40.000 pies de altura.

El F-X se convirtió en lo que hoy conocemos como F-15 "Eagle"

El LWF desembocaría en el desarrollo de varios prototipos, entre los que destacaron el YF-16 y el YF-17: el F-16 "Falcon" y F/A-18 "Hornet" ■

#### FUENTES

- Harry Hillaker: "Tribute To John R. Boyd". Lockheed Martin Code One Magazine, ejemplar de julio de 1.997.
- Eric Hehs: "Harry Hillaker - Father of the F-16". Lockheed Martin Code One Magazine, ejemplares de abril y julio de 1.991.
- Jim Cunningham: "Rediscovering Air Superiority: Vietnam, the F-X, and the Fighter Mafia". Air & Space Power Journal.- Chronicles Online Journal.
- Hammond, Grant T. (1997). "The Essential Boyd". Extraído en junio de 2.009. [http://www.belisarius.com/modern\\_business\\_strategy/hammond/essential\\_boyd.htm](http://www.belisarius.com/modern_business_strategy/hammond/essential_boyd.htm).
- Jeffrey L. Cowan. "From Air Force Fighter Pilot to Marine Corps Warfighting: Colonel John Boyd, His Theories on War, and their Unexpected Legacy". 1.999. Trabajo presentado en un Master de Estudios Militares. Extraído en junio de 2.009. [http://www.d-ni.net/fcs/boyd\\_thesis.htm](http://www.d-ni.net/fcs/boyd_thesis.htm)
- Wikipedia: John Boyd. Extraído en junio de 2.009. [http://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Boyd\\_\(military\\_strategist\)](http://en.wikipedia.org/wiki/John_Boyd_(military_strategist))

# M.I.L. PAC 316

Enlace de microondas con implementación rápida reubicable

Detección volumétrica de exteriores de largo rango, hasta 800 pies (244 m).

Detección de trayectos múltiples en banda K para resistir la interferencia de radares de aeropuertos o aviones.

Controles de sensibilidad externos.  
Resistencia a lluvia, niebla, viento, polvo, caída de nieve o temperaturas extremas.



Tripode ligero y de alta resistencia para instalación rápida.

Vida útil de la batería de 135 horas.  
Circuitos de alineación autocontenidos e indicadores LED para resolución de problemas.

Monitor de rendimiento RM83 opcional para facilitar la alineación y la evaluación.  
Certificado por la Comisión Federal de Certificaciones de EE.UU. (FCC) y la Comunidad Europea

## Model 310B-33456

Enlace de microondas resistente a explosiones

Certificado NEC Explosionproof:

- Class I (Div. 1&2, Groups B,C,D)
- Class II (Div. 1&2, Groups E,F,G)
- Class III

CSA Standard C22.2 No. 30

EN 50 018 (XCEX)

CENELEC: EExd IIB (XCEX)

NEMA 4

UL Standard 1203



Detección de trayectos múltiples en banda K

Resistente a niebla, lluvia, nieve, viento, polvo o temperaturas externas

Procesado de señal  
Phase Locked Loop (PLL)

Alcance 328 pies (100 metros)

### INTREPID™ MicroPoint™ Cable

### INTREPID™ MicroTrack™ Cable

- Diseñados para proteger sitios de máxima seguridad y desempeñarse bajo las condiciones ambientales más severas, los sensores de la familia Intrepid™ ofrecen capacidades y ventajas de detección inigualadas.
- Localización precisa de intentos de intrusión con precisión de 3 metros. Solución de falsas alarmas a través de una tecnología única que distingue un ataque legítimo de perturbaciones ambientales o eventos inofensivos.



**F.F. VIDEOSISTEMAS, S.L.**

www.ffvideosistemas.com  
ffvideo@ffvideosistemas.com

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO EN ESPAÑA DE:

**SOUTHWEST MICROWAVE, INC**

