Al enemigo

PRIMERO LO DESCEREBRAMOS

LA NUEVA FORMA DE HACER LA GUERRA

LA INFORMACION A DEGRADAR / PROTEGER

Comodoro (R) Miguel Angel Silva

AL ENEMIGO

PRIMERO LO DESCEREBRAMOS

I

- **LA NUEVA FORMA DE HACER LA GUERRA**
- **LA INFORMACION A DEGRADAR / PROTEGER**

Miguel Angel Silva

www.radarmalvinas.com.ar

© Septiembre 2003, 1ª edición, RESGA
ISSN 0325-3708

A mis Seres Más Queridos

EL AUTOR

Miguel Angel Silva

Actualmente Comodoro retirado de la Fuerza Aérea Argentina; en 1982 se desempeñó como Jefe del Escuadrón VyCA Malvinas. Fue responsable de la operación del radar de control aéreo que instaló en la zona de Puerto Argentino, y que realizó el guiado y control de los aviones argentinos: para combatir con los Harrier, para atacar a los buques, y para todos los otros tipos de operaciones aéreas y contra aéreas, desde el 02 de Abril hasta el 14 de Junio de 1982.

Habiéndose especializado en Electrónica y en Defensa Aérea luego de su egreso de la Escuela de Aviación Militar en 1964, desarrolló todas sus actividades en esas áreas, finalizando su carrera como Jefe de las dos Unidades madre de esas especialidades, el Grupo (entonces Departamento) de Guerra Electrónica (1989) y el Grupo de Vigilancia y Control del Espacio Aéreo (1990-92).

En el área de Defensa Aérea mantuvo y operó la mayoría de los radares y sistemas de defensa que fueron dotación de la Fuerza Aérea Argentina; y fue uno de los iniciadores de la actividad de Guerra Electrónica.

Paralelamente a su trabajo específico ejerció la docencia, siendo nombrado Profesor Honorario de la Escuela de Transmisiones del Ejército del Aire de España, y Profesor Emérito de la Escuela de Defensa Aérea de la Fuerza Aérea del Perú. Sus libros y manuales son utilizados como bibliografía por las Escuelas de Guerra de varios países de Latinoamérica, habiendo servido también como documentación de base para el desarrollo de las Doctrinas.

Es autor de los libros:

- ¨CLASIFICACION DE LA GUERRA ELECTRÓNICA¨ - Ed- E.S.G.A. 1982, Ed. San Martín, España 1985.
- ¨LAS ARMAS DE ENERGIA DIRIGIDA¨(Ante el Umbral de un Nuevo Tipo de Guerra) – Ed. E.S.G.A. 1985.
- ´LOS VEHICULOS NO TRIPULADOS¨ - Ed- E.S.G.A. 1990, Ed. San Martín, España 1991.
- ¨DIARIO DE GUERRA DEL RADAR MALVINAS¨ - a publicarse en Marzo de 2007.

Actualmente se desempeña como Consultor Independiente en áreas de Defensa, y sigue ejerciendo la docencia como Profesor en la Escuela Superior de Guerra Aérea, el Instituto de Inteligencia de la Fuerzas Armadas, el Grupo de Guerra Electrónica, y el Grupo de Vigilancia y Control del Espacio Aéreo.

INDICE RESUMIDO

PROLOGO: COMO HA SIDO ORGANIZADO EL TRABAJO III

LA INTRO CONCLUSION 1

PRIMER ANALISIS: LA NUEVA FORMA DE HACER LA GUERRA 5
PARTE I - LOS NUEVOS CONCEPTOS QUE GENERAN NUEVAS DOCTRINAS 7
PARTE II - LOS BLANCOS A ATACAR.....37

SEGUNDO ANALISIS: LA INFORMACION A DEGRADAR / PROTEGER 67
PARTE I – EMITIR/CAPTAR/DEGRADAR 69
PARTE II – LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INFORMACION 79
PARTE III – INTRODUCCION AL ANALISIS SOBRE EL SISTEMA DE TOMA DE DECISION.....131

LA CONCLU INTRODUCCION.....135

APENDICE: LOS SENSORES 139

GLOSARIO.....239
INDICE DETALLADO 247
LISTADO DE GRAFICOS.....255

COMO HA SIDO ORGANIZADO EL TRABAJO

¿Por qué la guerra del Golfo y los conflictos de los Balcanes fueron tan diferentes de las guerras clásicas?

¿A pro de qué la moda de hablar de ¨Information Warfare¨, así como usar tantos otros términos rimbombantes?.

Esto es lo que trataremos de explicar en el presente trabajo; NO los términos, a los que dejaremos de lado, sino los nuevos conceptos y forma de guerrear.

Se procurará analizar, y presentar en la forma más simple posible al lector, la nueva forma en que se desarrollan las guerras actuales y su tendencia futura, buscando respuestas al por qué de la importancia que han adquirido ciertos blancos, y determinando qué es lo necesario para detectarlos y degradarlos, o para protegerlos.

Para que el trabajo resulte digerible, pero al mismo tiempo permita al lector llegar al grado de profundidad que desee, se lo ha estructurado en varios ¨análisis¨ diferentes.

Cuando se finalizó el borrador se apreció que el trabajo resultaba demasiado extenso, y como lo extenso desanima al lector, se optó por reacomodarlo, dejando parte de los análisis para una publicación posterior. La reestructuración dio por resultado:

- Un **PRIMER ANALISIS**, sobre **La Nueva Forma de Hacer la Guerra**, según se percibe a partir de la guerra del Golfo y los conflictos posteriores, y que comprende:
  - Una **PARTE I**, en la que se consideran **Los Nuevos Conceptos que Generan Nuevas Doctrinas**; que contiene la esencia de los conceptos analizados al desarrollar el trabajo, y ha sido redactada en la forma lo más sucinta posible.
  - La **PARTE II**, se refiere a **Los Nuevos Blancos a Atacar**, o más precisamente a la prioritización de determinados blancos; fundamentando y ampliando los conceptos de la Parte I con información más detallada, realizando un análisis más profundo de cada aspecto a considerar; evalúa los factores y elementos intervinientes, y brinda conceptos complementarios.
- El **SEGUNDO ANALISIS** se refiere a **La Información a Degradar / Proteger**; es más específico y profundiza el tema, analizando todos aquellos elementos y factores que constituyen un Sistema de Comando y Control, describiéndolos en detalle; presentándolos como los blancos

a degradar / proteger.

- Las **PARTES I y II**, se refieren a lo que se denominó el **Sistema de Información**; el que comprende todo el proceso desde la captación de los datos por todo tipo de sensores, hasta su distribución como información a todos los involucrados en tomar decisiones.
- En la **PARTE III** se realiza una introducción al **Sistema de Toma de Decisión**; sistema que, partiendo de una presentación de la situación que fue obtenida como fruto del proceso de la información, considera todos los otros factores intervinientes que permiten a todos aquellos que tengan que tomar decisiones, que lo hagan de forma correcta y oportuna; bosquejando algunas alternativas para que las decisiones que tome el enemigo sean erróneas o tardías.

  Es sólo una introducción, debido a que su complejidad y extensión demandan dos análisis exclusivos y extensos; uno referido a la Situación y su manejo acertado, y el otro dedicado a la Toma de Decisión en sí; por lo que, como ya dijimos, quedan pendientes para el futuro.

- Un **APENDICE**, orientado a la descripción de **Los Sensores** de todo tipo que emplean el espectro electromagnético; complementa la Parte II del ¨Sistema de Información¨, y permite a quienes lo deseen, profundizar más aún en el tema.

  Se le dio prioridad a este Apéndice antes que a la ¨Toma de Decisión¨ debido a que por un lado, los sensores constituyen la esencia del Sistema de Información que analizamos; y por otro, son, junto con los sistemas de comunicaciones, las puertas por donde se puede entrar para hacerle daño al enemigo. Se los ha descrito más o menos en detalle para que el lector tenga un panorama completo del Sistema de Información.
- Queda pendiente otro APENDICE, ya que igual que el ANALISIS referido al Sistema de Toma de Decisión, éste también quedó en borrador y no fue incluido por su extensión; se refería a todo lo que hace a los sistemas y medios empleados para la transmisión de la información: las comunicaciones.

Como ya habrá sido apreciado, el trabajo no va a hacer hincapié en los armamentos y su uso, sino en la parte previa a su empleo: en el Sistema de Comando y Control, en todo ese proceso que culmina en una **toma de decisión "CORRECTA Y OPORTUNA".**

A la vez presentará los elementos a través de los que se puede actuar sobre el enemigo, degradando su sistema de información para que la toma de decisión de éste sea **"ERRONEA O TARDIA".**

A través del trabajo se tratará de demostrar que si logramos prevalecer en la

puja degradar/proteger, estaremos en condiciones de dominar al enemigo, quitándole las ganas de guerrear; tal como sucedió en la guerra del Golfo y en los conflictos posteriores.

Asimismo, de su desarrollo irá surgiendo cuales son los **medios más adecuados** que se necesitan para poder combatir en las guerras actuales.

Como en general estamos muy apegados a preconceptos y doctrinas, en el texto se ha procurado evitar el uso de términos que obedezcan a definiciones establecidas en diccionarios militares o reglamentos, a fin de que no coarten el libre pensamiento.

Lo aquí expresado, tampoco está basado en doctrina alguna, ni pretende ser una nueva, sólo trata de estructurar en forma organizada y así mostrar, las ideas y conceptos que el lector puede encontrar diseminados en las revistas especializadas.

Cada análisis y cada parte constituyen un todo en sí mismos, lo que le permite al lector llegar al grado de detalle que desee. El Apéndice ha sido incluido para satisfacer a los que quieran llegar hasta nivel sensor.

Algunos párrafos parecerán repeticiones de conceptos ya considerados, pero están colocados con toda intención para reiterarlos.

Igualmente, se ha hecho un uso abundante de la **negrita**, como sin duda ya lo habrá apreciado el lector en estos primeros párrafos. Cumple dos objetivos:

- Las pocas palabras en negrita resumen el concepto que se ha desarrollado en los párrafos en los que han sido resaltadas.
- Facilita al lector la búsqueda visual de un determinado concepto o definición, cuando quiere hacer una revisión.

LA

INTRO

CONCLUSION

Lo que aquí presentamos como INTRODUCCION, esperamos poder demostrarlo como CONCLUSION.

AL ENEMIGO

PRIMERO LO DESCEREBRAMOS...

LO PARALIZAMOS,

Y DESPUES
LE DESPEDAZAMOS LOS PUÑOS
EN FORMA METODICA Y CONTINUA

...HASTA QUE DIGA BASTA

PRIMER ANALISIS

LA NUEVA FORMA DE HACER LA GUERRA

PARTE I

LOS NUEVOS CONCEPTOS QUE GENERAN NUEVAS DOCTRINAS

PRIORIDADES DE LOS BLANCOS

Cuando uno lee o escucha sobre las nuevas guerras (Golfo 91-95, Bosnia 95, Kosovo 99), siempre resaltan como blancos prioritarios los Sistemas de Comando y Control (C^2) y los radares de defensa aérea, sean éstos de alerta temprana o de adquisición de SAM (Surface to Air Missiles / misiles superficie-aire).

¿Por Que la Diferencia con los Blancos "Clasicos" de Guerras Anteriores?.

Si tomamos como referencia la guerra del Golfo 91, la primera de este tipo, podemos apreciar que el 17ENE91, día D a las:

02:38 hs: 8 helicópteros Apache con Hellfire atacan 2 radares de vigilancia aérea.
02:?? hs: 52 Tomahawk atacan a la defensa aérea iraquí.
02:50 hs: F-117 atacan un C.I.C. al oeste de Bagdad.
03:00 hs: F-117 atacan el Comando de la Fuerza Aérea y el Comando de la Defensa Aérea.
03:?? hs: 54 Tomahawk atacan a la defensa aérea.

Aunque resulte difícil aceptarlo, en esta primera media hora de ataques ya quedó definida la suerte de Iraq: la rendición.

En sólo treinta minutos las Fuerzas Armadas Iraquíes habían quedado "descerebradas y paralizadas", y la tarea de la Coalición en los días posteriores consistió en destruir metódica y continuamente a las inermes fuerzas terrestres, aisladas de sus mandos y sin poder saber que estaba pasando, hasta que, cuando comenzó el avance terrestre de la Coalición el 24FEB91, los iraquíes, en lugar de combatir, corrían desesperados a rendirse.

Hasta sucedió algo insólito, por primera vez en la historia de las guerras hubo tropas que se rindieron . . . ante un robot. Muchos lectores sin duda habrán visto esa escena: en las imágenes que captaba un **VeNTri** (Vehículo No Tripulado / **UAV** -Unmanned Aerial Vehicle) en su vuelo de reconocimiento, de pronto aparece saliendo de una casamata un grupo de soldados iraquíes, que agitan una bandera blanca de rendición . . . al VeNTri.

Busquemos explicación a esos blancos de los primeros 30 minutos, ¿por qué los Sistemas de Comando y Control?, ¿por qué los sensores de la defensa aérea?.

¿Por Que los Sistemas de Comando y Control?

Para responder a esta primera pregunta es útil recurrir a la clásica comparación de una organización militar con el cuerpo humano.

Los puños representan los sistemas de armas, tanques, aviones, artillería, buques, SAM, etc.; los sensores de todo tipo (radares, infrarrojos, ópticos) están representados por los ojos, oídos, tacto.

Si utilizamos esta similitud, podemos apreciar que estos sensores captan la situación (las fuerzas enemigas, las propias y el ambiente) y la envían al cerebro (centros de C^2 donde se toma la decisión) a través del sistema nervioso (comunicaciones y transmisión de datos).

En el cerebro (centro de C^2) el Comandante toma la decisión, y utilizando nuevamente el sistema nervioso (comunicaciones) envía las órdenes a sus puños (sistemas de armas).

Podemos agregar a esta comparación el corazón y el flujo sanguíneo, como representación de la logística y los medios de apoyo necesarios para que se concreten las operaciones.

Usemos esta comparación para analizar que es lo que sucedió en la guerra del Golfo.

¿Que hicieron las fuerzas de la Coalición?.

Los 8 Apaches de las 02:38 hs que atacaron a dos radares de alerta temprana cegaron parcialmente a ese “increíble Hulk” que era Iraq, abriendo un corredor en su campo visual, que permitió a los F-117 llegar hasta el cerebro (los centros de C^2) y comenzar a descerebrar al enemigo.

Otro tanto fueron haciendo los misiles de crucero, atacando también al sistema nervioso (comunicaciones), lo que transformó al “increíble Hulk” (las Fuerzas Armadas Iraquíes) en un cuerpo inerme, descerebrado y paralizado, sin posibilidad de coordinar o mover sus puños (sistemas de armas) salvo con movimientos estentóreos.

A partir de aquí, todo fue cuestión de irle despedazando poco a poco sus puños, hasta que dijera basta.

A pesar que esta comparación con el cuerpo humano y la forma de atacarlo parece cruel y sádica, cuando la llevamos al nivel de los conflictos armados, vemos que es la forma menos cruenta y más efectiva de hacer la guerra, porque reemplaza la sangre de los combatientes por tecnología.

A diferencia de las guerras anteriores, que buscaban la aniquilación del enemigo, lo que incluía muchas veces los bombardeos masivos a ciudades, estas nuevas guerras son quirúrgicas, atacando con precisión sólo a aquellos componentes del enemigo que harán que a éste se le quiten las ganas de guerrear, de forma que el “daño colateral”, y por tanto la pérdida de vidas en general, serán mínimos.

Es más, los blancos son los Mandos y no los soldados de primera línea, por lo que aquellos lo meditarán profundamente antes de iniciar una guerra.

EL CICLO DE REACCION

Para completar el concepto de ¿por qué los Sistemas de C²?, debemos analizar lo que es el **CICLO DE REACCION**.

En nuestra actividad diaria permanentemente estamos realizando ciclos de reacción; por ejemplo, si estamos conduciendo un coche y llegamos a una bocacalle, a través de nuestros sensores (ojos) captamos la situación; si por la calle transversal viene otro coche, esta información más la del ambiente (ancho de calles, su estado, etc.) es transmitido a nuestro centro de C² (cerebro) para que evalúe lo que está pasando y decida.

Esta captación de la situación, evaluación y toma de decisión debemos efectuarla dentro de un determinado tiempo, antes de que choquemos con el otro coche. Este proceso, desde que captamos la situación hasta que actuamos, realizado dentro de un tiempo dado, es el ciclo de reacción.

Este concepto de Ciclo de Reacción (**CR**) también existió siempre en toda confrontación, sea ésta entre 2 individuos, sea en una conflagración mundial con intervención de numerosos países o alianzas, pero rara vez se expresaba como tal.

Al ser una confrontación, habrá dos ciclos de reacción, puesto que ante una situación de conflicto, ambos contendientes van a reaccionar (captar la situación, evaluarla, tomar la decisión y actuar), y aquel de los dos que reaccione antes, tendrá más probabilidades de lograr modificar la situación, y por tanto hacer que el conflicto se resuelva según su deseo.

Es por ello que, cuando enfrentamos a un enemigo, si logramos que para cada situación planteada nuestro CR sea siempre más rápido que el del otro, cada vez que él vaya a actuar para cambiar la situación a su favor, llegará tarde, pues la situación ya no será la que evaluó y para la cual está realizando esa acción, debido a que nosotros ya la cambiamos antes que él llegue.

El resultado será que nosotros lograremos siempre la iniciativa (actuaremos antes) porque nuestro ciclo de reacción es menor, está dentro del ciclo de reacción del oponente, y éste sólo podrá re-accionar (responder a nuestra acción), pero siempre llegará tarde, o su accionar será erróneo.

Para lograr esto: que nuestro CR sea siempre más rápido (menor) que el CR del enemigo, debemos **OPTIMIZAR** nuestro CR, **DEGRADAR** el del enemigo, y a la vez **PROTEGER** el nuestro de los intentos de degradación que sin dudas realizará el enemigo.

Si consideramos la comparación con el cuerpo humano a la que habíamos recurrido, vemos que, si afectamos o degradamos los ojos, cerebro o sistema nervioso de ese increíble Hulk, lograremos que su CR sea lento o erróneo, y quedará a nuestra merced, siempre y cuando evitemos que el enemigo haga lo mismo con nuestro CR.

Esto es lo que hizo la Coalición en el Golfo, degradó el CR iraquí (sensores, centros de C² y sistemas de comunicaciones) en forma tal que les anuló toda capacidad de actuar a las Fuerzas Armadas Iraquíes.

PRIMERA PRE-CONCLUSION

- ***Nuestro CR debe ser siempre menor que el CR del enemigo***
  - *Para ello debemos:*
    - ***OPTIMIZAR** nuestro CR, para que la información correcta llegue a la persona correcta en el momento correcto.*
    - ***DEGRADAR** el CR del enemigo, para que sus decisiones sean siempre erróneas o tardías.*
    - ***PROTEGER** nuestro CR de los intentos de degradación del enemigo.*

¿Por Que los Sensores de la Defensa Aérea?

Para contestar la segunda pregunta: ¿por qué los sensores de la defensa aérea?, debemos realizar el análisis previo de un concepto que está relacionado con las doctrinas de movilidad y de profundidad, al mismo tiempo que con los ciclos de reacción.

NECESIDAD DEL ATAQUE EN PROFUNDIDAD

Fue la entonces Unión Soviética la que más desarrolló el concepto de CR, aunque sin usar este término, ya que el mismo fue evolucionando como inherente a una doctrina, la de la movilidad.

Determinaron que para asegurar la supervivencia de los medios terrestres, éstos debían tener gran movilidad, a fin de desplazarse antes de ser batidos por el enemigo. Esta doctrina fue bien aplicada y demostrada por los Scud iraquíes, ya que la ventana de tiempo que ofrecían como blanco (su CR) era menor que el tiempo (CR) que tardaba la coalición en detectarlos y atacarlos con los F-15.

Esto no es otra cosa que la confrontación de los ciclos de reacción que estuvimos analizando, y que llevó al doble axioma: “si fue detectado muévase” y “actúe antes que el enemigo se mueva”.

Un ejemplo anterior a la guerra del Golfo lo traían algunos manuales de USAF que indicaban la capacidad de reacción de la Unión Soviética, mostrando los tiempos involucrados desde el momento en que, mediante COMINT (COMmunications INTelligence / INCOM - INteligencia de COMunicaciones), detectaban una unidad de tanques o un puesto comando móvil, hasta que lo comenzaban a batir; veámoslo:

		min:seg
-	Una estación COMINT intercepta la comunicación:	:10
-	Mientras la analiza y mide su dirección de arribo (DOA - Direction Of Arrival) pide a otra estación COMINT que mida otro DOA	:25
-	Las estaciones triangulan la posición del emisor	:55

- El puesto comando integra la información 01:25
- Evalúa el blanco 01:55
- Transmite los datos a las armas para batirlo 02:00

Este CR nos muestra que a los 2 minutos de haber detectado la comunicación, el blanco está en condiciones de ser batido.

A este concepto del CR o doctrina de la movilidad, se agregó otro como consecuencia del incremento de las artillerías de campaña; éstas se hicieron lo suficientemente letales como para que las fuerzas oponentes buscaran colocarse fuera de su alcance, en lo que podemos llamar el Kilómetro 31, ya que la mayoría de las artillerías de hace un par de décadas, y aún muchas de las actuales, tienen un alcance máximo que oscila en los 30 km.

El resultado, que aplicó primero la Unión Soviética y luego Occidente, fue el de mantener los elementos importantes de las propias fuerzas en el santuario del km 31, con una gran capacidad para reunirse rápidamente, atravesar esos 30 km y atacar antes que el enemigo pueda reaccionar (**CR propio < CR eno**), y volver al seguro km 31.

Esto desarrolló a su vez un nuevo concepto o doctrina, la de la "profundidad"; atacar al enemigo más allá del km 31, antes o mientras se reúne para iniciar el ataque; sobre todo "antes", cuando los medios son más vulnerables porque se están desplazando, reabasteciendo, etc.

Su objetivo es doble, ya que además de atacar a los blancos significativos del enemigo antes que entren en contacto con las propias fuerzas, también procura aislar a los elementos de primera línea, para dejarlas sin sus refuerzos y sin recursos logísticos, vitales en las guerras actuales; las que se caracterizan por encuentros violentos y por tanto con un gran consumo de materiales.

Este concepto fue repotenciado por USARMY, al hablar del ataque a las "follow on forces" (fuerzas que siguen), en el que procura aislar del resto a las fuerzas de primera línea. Por su parte USAF, también basada en este concepto, ha desarrollado el de "halt phase" (fase de parar al enemigo antes que entre en contacto con las propias fuerzas).

Un ejemplo interesante fue dado en la guerra del Iom Kippur. En esa época Israel había ocupado la península del Sinaí. Cuando se produce el ataque egipcio, una unidad de tanques cruzó el canal de Suez y avanzó a través del desierto, y avanzó y avanzó.... hasta que se quedó sin combustible; la siguiente actividad de las tripulaciones fue salir al encuentro de los israelíes....para rendirse sin disparar un solo tiro; aún cuando habían llegado a la profundidad del territorio enemigo, estaban completamente aisladas del resto de las (follow on) fuerzas.

Para poder atacar tanto a esas fuerzas del km 31 como a los puntos neurálgicos del sistema de C^2, se dispone de distintas alternativas:

- Rampas de cohetes múltiples, tipo MLRS.
- Misiles balísticos superficie-superficie.
- Plataformas aéreas con armas aire-superficie.

Los misiles balísticos son caros, y por tanto escasos, y a veces negados para países que no poseen la tecnología, el dinero, o el derecho de acceso.

Los cohetes múltiples, aunque caros son más accesibles, pero también resultan escasos, sobre todo porque necesitan un alto régimen de consumo para lograr batir un blanco, debido a su imprecisión.

Actualmente esto se está mejorando, ya que están apareciendo sistemas en los que los cohetes son reemplazados por misiles de guiado simple, por ejemplo por GPS (Global Positioning System / sistema de posicionamiento global).

No obstante, siguen teniendo su gran limitación en relación con el alcance, ya que aquellos que superan los 60/70 km resultan tan inaccesibles como los misiles balísticos.

Esto nos lleva a que lo más aceptable para atacar a los blancos del km 31 y más profundos aún, resultan ser las plataformas aéreas, sobre todo ahora, por el gran auge que han tenido las municiones guiadas, desde los misiles más sofisticados hasta los kits "add on" (conjuntos para agregar) para transformar en guiadas a las bombas de gravedad.

SEGUNDA PRE-CONCLUSION

- ***La nueva forma de hacer la guerra consiste en atacar a los blancos en la profundidad del territorio enemigo,*** *(más allá del km 31), sean éstos los sistemas de C², sean los elementos más significativos o rentables como blancos de las fuerzas terrestres.*
- ***Los medios más adecuados para hacerlo,*** *aquellos que pueden llegar por alcance y velocidad (dentro de la ventana de tiempo del blanco),* ***son las plataformas aéreas.***

NECESIDAD DE INFORMACION PRECISA Y EN TIEMPO REAL

El CR completo comprende:

- La detección mediante sensores.
- El procesamiento de los datos obtenidos.
- La transmisión a los centros de integración de la información.
- La fusión de la información proveniente de distintos sensores y fuentes.
- La distribución de esa información a todos los niveles que la necesitan.
- La evaluación y toma de decisión.
- La transmisión de las órdenes a los Sistemas de Armas.
- La actuación de los Sistemas de Armas.

A los primeros 5 items los podemos agrupar en lo que se conoce normalmente como **"Sistema de Información".**

Este sistema de información es esencial, entre otras cosas, para saber cuales son aquellos blancos a atacar que producirán el mayor efecto de daño en la

capacidad de guerrear del enemigo.

Para que sea realmente efectivo, el sistema debe ser capaz de brindarnos información sobre el enemigo, sobre nuestras propias fuerzas y sobre el ambiente en el que se desarrollarán las acciones, por tanto debe poder cubrir todo el territorio enemigo.

La información que brinde debe ser precisa; al menos debe igualar la precisión de las armas que se utilizarán para batir los blancos.

Asimismo deberá tener una capacidad de definición, en el caso de imágenes, que permita identificar y discriminar a los blancos. Para esto se deberá jugar con la capacidad de definición de los sensores en relación con la distancia al blanco a la que se los deberá colocar para lograr la definición deseada.

Por último, la información deberá llegar al usuario en tiempo real, o más precisamente, en un tiempo tal que permita que nuestro CR sea menor que la ventana de tiempo del blanco a atacar (su CR).

Ya dimos el ejemplo de los CR de los Scud contra los F-15. Otro ejemplo de lo importante que es la información y su actualización es el ataque preciso y en la profundidad del territorio enemigo. . . a un blanco equivocado: el ataque a la embajada de China en Belgrado durante el conflicto de Kosovo, basados en información desactualizada.

Esta necesidad, como veremos más adelante, lleva a replantear incluso la forma en que se distribuye la información a los niveles de decisión inferiores.

El otro aspecto que implica esta necesidad es el de la elección de la plataforma para el sensor.

Para esto se deben considerar los horizontes óptico y electromagnético (em), según en que parte del espectro opere el sensor.

A esto debemos agregar que las organizaciones del Ejército, según su nivel, tienen una responsabilidad de blancos y una necesidad de información establecidas por distancias desde la línea de contacto con el enemigo. Tomando algunos valores como referencia, podemos obtener, en función de los horizontes, una indicación de las alturas aproximadas (dependiendo de las características del terreno) a las que se debe colocar el sensor para que tenga el alcance adecuado.

Estos valores han sido expresados en el gráfico 1, el que ha sido completado con el agregado del tipo de plataforma que se puede utilizar en función de la altura requerida.

Esto nos muestra que, asumiendo un terreno plano y sin obstáculos, el mástil es útil hasta los 15 km aproximadamente, la plataforma cautiva (globo por ejemplo) hasta los 30 km, pero que más allá, desde el km 31 en adelante, nuestras únicas alternativas son la plataforma aérea o la satelital.

Para acceder a la plataforma satelital debemos tener la tecnología, o que un país amigo nos dé el acceso a su información. Esto no es fácil, lo apreciamos en Kosovo, en donde los países de NATO se quejaban de que USA les retaceaba la información de sus satélites.

Por lo tanto, nos quedan sólo las plataformas aéreas.

ALCANCE	ALTURA SENSOR en metros		PLATAFORMA		
	OPTICO	EM			
15 Km	17	13	MASTIL	CAUTIVA	AEREA
30 Km	70	53			
70 Km	385	288			
150 Km	1767	1325			
300Km		5302			
450 Km		12000			

GRAFICO 1 – Alcance de los Sensores

TERCERA PRE-CONCLUSIÓN

- ***Para poder atacar blancos en la profundidad del enemigo se necesita información precisa y en tiempo real.***
- ***Debido a los horizontes y grado de resolución requeridos, las plataformas deben ser satelitales o aéreas.***
- ***La información debe ser procesada de forma tal que llegue a la persona correcta en el momento correcto.***

Necesidad de Suprimir las Defensas Aéreas del Enemigo

Pero las plataformas aéreas, sean para atacar al suelo, sean para efectuar el reconocimiento, generan otro problema: son bastante vulnerables a las armas superficie-aire, aún cuando sean plataformas súper sofisticadas; el ejemplo: el derribo de un F-117 por la defensa aérea serbia en Kosovo en 1999.

Este problema lo enfrentan las plataformas aéreas no sólo cuando atacan a los medios terrestres de combate del km 31, sino también cuando procuran descerebrar al enemigo atacando sus centros de C^2 y sus nudos de comunicaciones, los que normalmente, sobre todo los más rentables o significativos, están en la profundidad del territorio enemigo.

Hace un par de décadas, la solución a este problema se buscó mediante el vuelo a bajísima cota, con los aviones volando pegados al terreno, procurando

evitar que fueran detectados por los radares enemigos.

Pero la defensa aérea evolucionó, no sólo porque aparecieron nuevos sensores IR (infrarrojos) y EO (electroópticos) más sofisticados, sino porque hubo una gran proliferación de armas y misiles simples y baratos; tantos, que es imposible lidiar con todos ellos y darle a la plataforma aérea una probabilidad de supervivencia aceptable.

Prueba de esto, ya que lo constataron duramente, fueron los derribos de los Tornado ingleses en los primeros días de la guerra del Golfo.

Pero todas estas armas superficie-aire simples tienen una limitación: su alcance, sobre todo en altura; prácticamente ninguna supera los 15 kft (15 mil pies/4.500 metros).

Esto a su vez generó un nuevo concepto, atacar a los blancos terrestres desde encima de los 15 kft; aún cuando quedaba el problema de las armas de mediano y largo alcance, que superan esos 15 kft.

La particularidad de estas armas es que son escasas, y por lo tanto ya es más fácil lidiar con ellas desde el punto de vista numérico, aún cuando tecnológicamente sean más sofisticadas.

Para actuar sobre ellas se poseen dos opciones: degradarlas transitoriamente, mediante contramedidas electrónicas (ECM / CME) adecuadas mientras dura la penetración y ataque de la plataforma aérea; o degradarlas definitivamente mediante su eliminación.

Por ahora esta última es la alternativa más rentable; por un lado porque una vez eliminada el arma ya no molesta más, por el otro porque es un efecto multiplicador a través de la psiquis del enemigo, ya que las dotaciones de aquellas armas superficie-aire que todavía no fueron atacadas, ante la posibilidad del ataque y como única opción para que el arma superviva, deben apagar sus radares, y con ello limitan el alcance del arma al de los sensores pasivos (IR ó EO).

Por supuesto, muchas defensas aéreas ya han buscado la solución, mediante la integración de sensores remotos, que permiten el apuntado y disparo indirectos de las armas.

Evitar bajar de los 15 kft y suprimir las defensas aéreas de mediano y largo alcance presentó un nuevo concepto dentro de la superioridad aérea: el vuelo impune a niveles medio y alto (por arriba de los 15 kft); lo que a su vez explica el bajísimo régimen de pérdidas que obtuvo la Coalición en la guerra del Golfo, y que fue tan publicitado.

Esta “Suppression of Enemy Air Defenses” (**SEAD** / SEDA - Supresión de Elementos de la Defensa Aérea), es una evolución de los conocidos “Wild Weasels”, y no necesita destruir los misiles o los cañones antiaéreos, ya que basta con atacar a sus sensores (radares), que presentan la particularidad de ser blancos blandos, que no pueden ser fortificados ya que las antenas deben estar al descubierto.

Por supuesto, su accionar requiere un adecuado relevamiento y profundo

análisis en tiempo real de la distribución y características de esas defensas, lo que realimenta el concepto antes visto de la necesidad del reconocimiento en la profundidad del territorio enemigo, que permita ir abriendo, mediante la SEAD / SEDA, corredores de penetración para las plataformas de ataque.

¿Y la caza interceptora?; se la paraliza indirectamente, al atacar y degradar los centros de C^2 y los radares de alerta temprana, negándoles la información y control vitales para su misión. Asimismo el vuelo relativamente impune a nivel medio y alto permite enviar PACs (Patrullas Aéreas de Combate) propias cerca de los aeródromos enemigos, para cazar a cuanto avión intente abandonar el santuario que constituye el aeródromo.

Desde ya esto nos indica una necesidad, y una capacidad, la de disponer de la información adecuada para controlar el espacio aéreo sobre el territorio enemigo, la que se logra con aviones del tipo Phalcon o EMB – 145 SA, normalmente denominados AEW (Airborne Early Warning / Alerta Temprana en Vuelo - Aeroportada).

CUARTA PRE-CONCLUSIÓN

- ***Tanto para atacar blancos como para realizar el reconocimiento en la profundidad del territorio enemigo con plataformas aéreas se necesita:***
  - ***Suprimir las defensas aéreas de cotas media y alta.***
  - ***Evitar bajar de los 15 kft.***
- ***Se debe poseer armamento adecuado para ser lanzado por arriba de los 15 kft.***

LA CONCLUSION INTERMEDIA

Tomemos las pre-conclusiones:

Primera Pre-conclusión

- ***Nuestro CR debe ser siempre menor que el CR del enemigo***
  - *Para ello debemos:*
    - ***OPTIMIZAR*** *nuestro CR, para que la información correcta llegue a la persona correcta en el momento correcto.*
    - ***DEGRADAR*** *el CR del enemigo, para que sus decisiones sean siempre erróneas o tardías.*
    - ***PROTEGER*** *nuestro CR de los intentos de degradación del enemigo.*

Segunda Pre-conclusión

- ***La nueva forma de hacer la guerra consiste en atacar a los blancos en la profundidad del territorio enemigo,*** *(más allá del km 31), sean éstos*

los sistemas de C², sean los elementos más significativos o rentables como blancos de las fuerzas terrestres.

- ***Los medios más adecuados para hacerlo,*** *aquellos que pueden llegar por alcance y velocidad (dentro de la ventana de tiempo del blanco),* ***son las plataformas aéreas.***

Tercera Pre-conclusión

- ***Para poder atacar blancos en la profundidad del enemigo se necesita información precisa y en tiempo real.***
- ***Debido a los horizontes y grado de resolución requeridos, las plataformas deben ser satelitales o aéreas.***
- ***La información debe ser procesada de forma tal que llegue a la persona correcta en el momento correcto.***

Cuarta Pre-conclusión

- ***Tanto para atacar blancos como para realizar el reconocimiento en la profundidad del territorio enemigo con plataformas aéreas se necesita:***
  - ***Suprimir las defensas aéreas de cotas media y alta.***
  - ***Evitar bajar de los 15 kft.***
- ***Se debe poseer armamento adecuado para ser lanzado por arriba de los 15 kft.***

Y hagamos una síntesis de las mismas.

Esta nos muestra que en los últimos 15-20 años se fue desarrollando un nuevo concepto de cómo hacer las guerras.

Se cambió el objetivo de la **aniquilación del enemigo,** sostenido por notables como Mitchell, Douhet, y sobre todo Le May, por el de **paralizar al enemigo**, controlarlo, y quitarle la voluntad de guerrear.

Se cambió el concepto del **uso masivo de fuerzas**, paradigma fundamental que no admitía discusión hasta la segunda guerra mundial, por el de la **precisión**, por el del **ataque a puntos neurálgicos** que permiten descalabrar al enemigo, que permiten dominarlo aún sin haber destruido sus fuerzas.

Se cambió el concepto de **cuando y donde atacar al enemigo**, haciéndolo **antes de que éste pueda tomar sus posiciones** y afianzarse para entrar en contacto con las propias fuerzas.

Se intensificó el concepto de la rapidez, de la velocidad, de **actuar antes que el enemigo.**

Se pasó del concepto de **combate secuencial**, de ocupación paso a paso del territorio enemigo, al del **combate paralelo**, simultáneo **en toda la profundidad** del territorio enemigo.

Ya no se necesita destruir todo, aniquilar al enemigo, ocupar sus ciudades; sólo es necesario **doblegar su voluntad de guerrear**.

Lo que nos lleva a la:

CONCLUSION INTERMEDIA

Para concretar todo lo que acabamos de expresar, se debe recurrir a:

- Lograr **SISTEMAS DE INFORMACION** y **DE TOMA DE DECISION** que permitan a todos los niveles de comando actuar en forma correcta y oportuna.
- Buscar la **PRECISION** de los armamentos, a fin de lograr el daño deseado en forma inmediata y con un mínimo esfuerzo.
- Disponer de **PLATAFORMAS ADECUADAS** que puedan:
  - Llegar a los blancos en la profundidad del enemigo.
  - Hacerlo en el menor tiempo posible (dentro de la ventana de tiempo del blanco).
  - Lanzar su armamento con precisión.
  - Regresar rápidamente a su santuario, fuera del alcance del enemigo.

Como podemos apreciar, éste ha sido un cambio en la forma de pensar de los que hacen la guerra, demasiado rápido, demasiado drástico, demasiado profundo para ser aceptado, porque significa cambiar completamente lo que se ha sostenido por décadas, y en algunos casos siglos, y peor aún, produce fricción con el pensamiento de todos aquellos cuyos nombres acuden a la mente cuando se quiere hablar del arte de la guerra.

Pero, si la información disponible sobre las últimas guerras es cierta, si el análisis hasta aquí efectuado es relativamente correcto, si los principales países del mundo están aplicando en sus doctrinas estos nuevos conceptos, debemos aceptar que la forma de hacer la guerra cambió, y por tanto nosotros también debemos cambiar.

Tenemos una opción: mantener los viejos conceptos, y ver que pasa.

ABISMO TECNOLOGICO E INGENIO

Hasta La Segunda Guerra Mundial la capacidad bélica de los países o alianzas estaba dada por quien tenía más de lo mismo, más tanques que el otro, más aviones que el otro, etc. Pero poco a poco este concepto fue cambiando y la cantidad fue siendo reemplazada por la efectividad, como consecuencia de los avances tecnológicos en materia de armamentos y sistemas de armas.

Recordemos un poco esta evolución (o cuasi revolución) tecnológica.

En 1960 (15 años después del fin de la segunda guerra mundial), muy pocos habían oído hablar del láser, ya que éste se inventó un año después. Al principio era un monstruo de 20 metros de largo; y pensar en un arma láser era una utopía, aún para USA.

Cuarenta años después (a 55 del fin de la segunda guerra), ese monstruo de

20 metros se convirtió en el pequeñísimo circuito que usted usa para leer o escuchar su CD, y la entonces utopía se ha convertido en prototipos: el ABL (AirBorne Laser / Láser Aeroportado) y el THEL (Tactical High Energy Laser / Láser Táctico de Alta Energía) que ya funcionan, y que lograrán su IOC (Initial Operational Capability / Capacidad Operativa Inicial) antes de los próximos 10 años.

Yendo al área de procesamiento de información, que es la que nos interesa en el presente trabajo, veamos un ejemplo doméstico, que los mayores de 30 años recordarán: los súper videojuegos para computadora actuales, hace 25 años (1975) eran la gran novedad, aunque consistían en un "ping pong" que usaba una pelota "cuadrada" que se desplazaba en líneas rectas, y las paletas eran 2 barras que sólo podían desplazarse verticalmente.

Tomando estas referencias, ¿podemos considerar que las guerras actuales siguen siendo similares a la de Vietnam?, que terminó en 1975, cuando la pelota "cuadrada", o, como algunos todavía sostienen, ¿la forma de hacer la guerra es la misma que en la segunda guerra mundial? (hace 55-60 años) quince a veinte años antes que se inventara el láser.

Ya que mencionamos Vietnam, tomemos un ejemplo de esa guerra, durante la cual podemos asumir que comienza, en el área electrónica, la revolución tecnológica.

En esa época había un puente, el de Thanh Hoa, que tenía obsesionada a la USAF. Habían realizado 800 salidas con bombas de gravedad contra él, habían perdido 10 aviones y habían gastado 216 millones de U$ (200 en los aviones perdidos y 16 en bombas), pero el puente seguía en pie. En el ínterin desarrollaron las primeras bombas de guía láser, aún burdas, pero mucho más eficientes que las de gravedad pura; bastaron 4 salidas con ninguna pérdida para destruir el puente, y su costo sólo fue de 2,08 millones de U$ (80.000 en bombas y 2 millones en los sistemas de guiado).

Entonces, ¡la solución es la tecnología!.

No tanto, porque cuando miramos a la tecnología de punta, la que desarrolla USA, tomamos conciencia que en determinadas áreas hay una diferencia ABISMAL entre lo que posee USA y lo que posee el resto del mundo.

Aún los países europeos tienen ese problema respecto a USA, ya que cada vez más las fuerzas armadas europeas y de NATO dependen de los medios de USA para determinadas actividades; por ejemplo, el reconocimiento por satélite o el AGS (Airborne Ground Surveillance / vigilancia terrestre aeroportada) E-8 Joint STARS en la guerra del Golfo. O, si consideramos Kosovo, USAF fue la única que pudo usar munición guiada a pesar de las nubes bajas sobre los blancos, ya que todo el resto dependía de la guía láser, y por tanto de la necesidad de ver el blanco.

Y hasta USA tuvo problemas, lo que demuestra que no siempre la tecnología es la panacea. La mayoría de su arsenal estaba formado por las Paveway II de guiado láser, en cuyo desarrollo y presupuesto originales no tuvo la perspicacia

de considerar que en lugares como Bosnia y Kosovo la meteorología las tornaba inútiles, salvo que la plataforma descendiera por debajo de las nubes, pero a costa de entrar en la envolvente de las defensas aéreas.

Pero por suerte para USA, la experiencia de Bosnia le dio tiempo para iniciar la búsqueda de la solución, y así cuando Kosovo, ya tenía algunas bombas de guía por GPS.

Con todos estos antecedentes, ¿qué cabe esperar entonces para países como los nuestros?, para los que lo que se expresa en el presente trabajo suena más a utopía o fantasía que a posible realidad.

El lema es no desanimar, y procurar reemplazar presupuestos con ingenio. Y en este aspecto resulta útil mirar a Israel, país de presupuesto reducido, pero con un gran incentivo: si pierden, tienen una nueva diáspora; lo que hace que este incentivo se traduzca en ingenio.

Si analizamos lo que en general hace Israel en materia de armamentos, vemos que toma lo que desarrolla USA, lo decala a sus reales posibilidades, y logra un producto que es bueno, funciona y es barato. Un ejemplo: los VeNTri (UAV); en las décadas 70/80, mientras USA trataba de desarrollar vehículos súper complejos, Israel puso a punto los que podemos considerar como "aeromodelos plus"; pero éstos fueron los primeros que tuvieron acción y éxito en el campo de batalla, tanto que USA, a pesar de sus súper desarrollos, terminó comprándole estos aeromodelos plus a Israel, menos complejos, más baratos, y que funcionaban.

Otro ejemplo: los misiles aire-aire. Por la misma época Israel no desarrolló el súper radar de abordo con el súper misil de mediano o largo alcance; desarrolló un radar simple, medidor de distancia solamente, y un misil de corto alcance, ¿por qué?, porque de nada le servía el súper radar y el súper misil cuando para tirarlo debía previamente identificar "visualmente" a su blanco.

Por eso, nosotros no podemos pretender desarrollar un arma láser a bordo de un 747, pero sí podemos, por ejemplo, intentar tal vez fabricar un pseudo misil crucero con guiado GPS, con tecnologías y presupuestos que sí están a nuestro alcance. Y lo más importante, sin duda podemos hacer sistemas de procesamiento de información que nos ayuden a tomar decisiones correctas y oportunas.

Tampoco tenemos ni capacidad tecnológica ni presupuesto para desarrollar un satélite de reconocimiento Lacrosse, o un Spot, o un Helios, pero sí podemos desarrollar un "algo" que nos permita, adecuadamente emplazado, captar las señales de transmisión de datos de los satélites, decodificarlos y procesarlos hasta transformarlos en información útil. El transmisor de datos de un satélite no deja de ser un transmisor, sólo que un poco sofisticado. Recordemos que: "todo lo que emite, puede ser detectado".

Por suerte, gran parte de los componentes necesarios para realizar sistemas que ayuden a tomar decisiones correctas y oportunas (optimizar el sistema de C^2 propio), así como aquellos otros que sirven para degradarlos o protegerlos, están disponibles "en la tienda de abarrotes de su vecindad". El hardware

(computadoras y otros) que se puede comprar libremente es tanto o más capaz que el que disponía USA en la guerra del Golfo (el procesador pentium no existía, ni aún en su versión militar).

Y asimismo hay una gran cantidad de software de base dando vueltas, en algunos casos simples, basta sólo con bajarlo de Internet, para luego adaptarlo a las propias necesidades. Un ejemplo: sin duda ayuda a un Comandante un software que permite tener información actualizada de las órbitas y ubicación en tiempo real de los satélites, sobre todo los de reconocimiento y los de comunicaciones, pues bien, este soft se consigue vía Internet por unos pocos cientos de dólares, cantidad insignificante comparada con la capacidad de información que brinda.

Hace unos años, cuando se puso de moda el Mission Planning (planeamiento de misiones) asistido por computador, se ofrecía por pocos dólares un soft que, aunque burdo, permitía mejorar el planeamiento de misiones que hasta entonces se confeccionaban a mano.

Ni que hablar de aquel soft comercial que se puede adaptar perfectamente a la logística, el manejo de personal y la sanidad.

Si nos detenemos un instante a analizar, veremos que en el 80% del trabajo a realizar basta con un poco de dinero, pero, condición sine qua non, tiene que estar acompañado por abundantes mentes prolíficas y ricas en imaginación e ingenio; mentes que no se venden en la tienda de abarrotes, pero que sí suelen estar disponibles en los países de escasos presupuestos.

Si recurriendo a la tecnología disponible y al ingenio podemos desarrollar ayudas a la toma de decisión que aunque simples, funcionen, lograremos Comandantes que estarán en mejores condiciones para hacer que sus decisiones sean correctas y oportunas, y por tanto, con más probabilidad de éxito.

En el SEGUNDO ANALISIS veremos como, en todo el proceso para que se tome la decisión, desde que se dispone de la información que entregan los sensores u otros medios, hasta que el sistema de armas recibe la orden y actúa para cumplir su misión, se realiza toda una serie de procesos que pueden ser mejorados notablemente con la tecnología disponible (como parafraseamos antes) en la tienda de abarrotes.

A alguien le puede llamar la atención que siempre hacemos referencia a USA a pesar del abismo tecnológico que antes mencionamos; sucede que en la realidad, hacia donde va USA van los países europeos, y a estos finalmente los sigue el resto del mundo.

Cuando miramos a la tecnología, muchas veces creemos que ésta va a hacer que el combate sea más fácil, pero no siempre es así; ni el resultado es tan rápido, ni sucede en la forma en que lo pensamos. La tecnología siempre debe ir acompañada por una concepción mental.

El éxito se basa, como ha sido siempre en las guerras, en las decisiones y no en la tecnología de las armas; la genuina ventaja está dada por las ideas de punta en lugar de la tecnología de punta.

Por ejemplo: los ingleses inventaron el tanque, pero fueron los alemanes los primeros que encontraron como usarlo efectivamente.

Existe otro problema, los avances tecnológicos obligan inevitablemente a cambios organizativos, difíciles de aceptar; por ejemplo, los stocks de material viejo a veces frenan los cambios doctrinarios que son necesarios, y pueden llevar a enfrentar conflictos con equipamiento obsoleto, a menos que se tire aunque aún sirva. Esto es lo que hace actualmente USA con el material que está donando a otros países.

Lo opuesto le pasó a los franceses, que por mantener material de la primera guerra, y por lo tanto mantener también las doctrinas correlativas, no aplicó el nuevo concepto de la maniobra de los mecanizados, se prepararon al estilo primera guerra (desgaste), y fueron fácilmente superados por Alemania, su moderna Werhrmacht, y su Blitzkrieg.

A veces el problema es de percepción y perspicacia, como lo que le pasó a Israel durante la guerra de Yom Kippur.

En los comienzos de la guerra, la Fuerza Aérea Israelí sufrió una gran cantidad de derribos, a pesar de tener instalados en sus aviones de combate equipos RWR (Radar Warning Receivers / Receptor de alerta radar) basados en sistemas estadounidenses de última generación.

El problema se llamaba SA-6, y los derribos se debían a que los RWR no lo detectaban porque para su guiado utilizaba la señal de un radar de onda continua. Lo paradójico era que USA hacía un tiempo que había desarrollado los misiles Hawk basados en el mismo principio, pero no tuvo la perspicacia de suponer que la URSS había hecho lo mismo, y que por lo tanto era necesario disponer de un componente en el RWR, y en los sistemas ELINT, que detectara las emisiones de los radares de onda continua.

Por eso no basta con copiar tecnología, las fuerzas armadas deben evaluar seriamente la situación, y adaptar sus organizaciones para explotar mejor las oportunidades tecnológicas emergentes.

Aquí cabe meditar lo que una vez expresara un Mariscal del Aire Ruso: “sería triste perder la próxima guerra por estar peleando la última”.

EVOLUCION DE CONCEPTOS Y ACUÑADO DE TERMINOS

A partir de 1992, en el ambiente militar comenzaron a circular términos rimbombantes que a veces desorientaban al más avisado, y que hacían sentirse mal a muchos porque no sabían que significaba esa palabra de moda.

Pero en la realidad, ese término de moda que a muchos angustia es lo que menos importa; lo que tiene valor, lo substancioso, son los nuevos conceptos y lo que implican; y el vocablo utilizado para describirlos sólo sirve a los efectos de poder dialogar sobre el tema.

Con el objetivo de aclarar (ojalá) toda esa mezcla de conceptos y términos, a

continuación haremos un análisis de cómo fueron cambiando algunos conceptos, y los términos que se acuñaron para definirlos.

Debemos tener en cuenta que cuando se hace una clasificación, es para tratar de comprender conceptos y pequeñas diferencias, pero no para encasillar las ideas en forma unívoca, ni para producir una definición taxativa.

Lo que importa es tener claras las ideas, y no aferrarse a lo que dice un párrafo como definición, ya que al enemigo no lo vamos a derrotar recitándole una definición.

Cabe un ejemplo: poco después que en 1981 los israelíes atacaran una central nuclear de Iraq con varios F-16 antes que entrara en funcionamiento, un oficial israelí dio una conferencia sobre el tema.

Alguien del auditorio le preguntó si él consideraba que esa operación, por sus características, había sido estratégica o táctica. El oficial israelí meditó unos instantes y dijo: ¨no lo sé, pero lo hicimos¨.

La Parte Histórica

DECADA 70

Podemos comenzar en Vietnam, y con la guerra electrónica.

Aunque la **E**lectronic **W**ar-**f**are (EWf / el **"componente electrónico (parte electrónica) de la guerra**") ya se practicaba desde que se inventó el telégrafo sin hilos, es la amenaza del SA-2 (misil superficie-aire soviético que hizo su aparición operativa en Vietnam), y las pérdidas que producía en la aviación de USAF lo que concretó conceptos ya existentes, y acuño públicamente los primeros términos.

El arma o sistema amenaza fue llamado la "**measure**" (medida); lo que se aplicaba para contrarrestar su efecto, como es lógico, fue llamado contramedida, adosándole "electrónica" por los elementos que usaba, y se acuño el término "Electronic CounterMeasures (**ECM** / CME - Contra Medidas Electrónicas).

El que poseía la "measure", diseñó a su vez su contramedida a la contramedida del oponente, apareciendo el término "Electronic Counter CounterMeasures (**ECCM** / CCME – Contra Contra Medidas Electrónicas), lo que formó un ciclo de realimentación continua al desarrollarse la contra de la contra de la contramedida.

A este ciclo se lo llamó "Electronic Warfare" (EW ó **EWf** / GE – Guerra Electrónica – o componente electrónico de la guerra).

Ahora bien, para poder desarrollar las ECM ó ECCM fue necesario captar y analizar las señales del equipamiento del oponente. Por ejemplo: para poder desarrollar ECM contra el SA-2, USA debía captar sus emisiones y encontrarles su punto débil. Igualmente, la URSS (Unión Soviética) debió detectar y analizar las ECM que USA generaba, para desarrollar las adecuadas ECCM que incorporaría al SA-2.

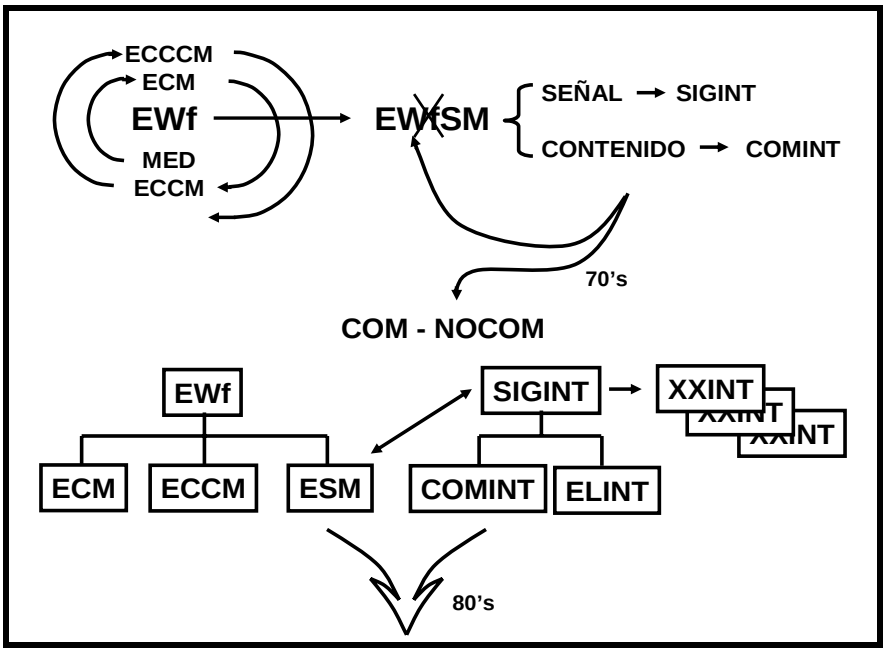

GRAFICO 2 – Evolución de la Guerra Electrónica

Al equipamiento y procedimientos para detectar y analizar esas emisiones se lo denominó "Electronic Warfare Support Measures" (**EWfSM** / MAGE – Medidas de Apoyo de Guerra Electrónica); y se lo subdividió, discriminando entre la detección y análisis de las señales en sí: "SIGnal INTelligence" (**SIGINT** / INTEM – INTeligencia de EMisiones) y, cuando el "contenido" de esas emisiones era voz o transmisión de datos, se lo analizaba y procesaba mediante la "COMmunications INTelligence" (**COMINT** / INCOM - INteligencia de COMunicaciones).

Este comienzo es lo plasmado en la parte superior del gráfico 2. Basados en él, a continuación veremos como fueron modificándose los conceptos y los términos.

Durante la década 70 las "measures", aunque son el elemento básico a partir del cual se desarrolla todo el resto, comienzan a quedar fuera de la clasificación de la EWf, y a la vez, las EWfSM son incorporadas como parte de la EWf. Y así se conformó la estructura que ha sido la más clásica o perdurable de las clasificaciones de la EWf, comprendiendo las ECM, las ECCM y las E(Wf)SM.

Este paréntesis (Wf) se debe a que por la misma época se comienza a suprimir el término Wf (ó W), y finalmente queda **ESM** (Electronic Support Measures / Medidas de Apoyo Electrónico – MAE).

Simultáneamente el significado de los términos SIGINT y COMINT se corrompen; dentro del COMINT se incorporan todas las características propias, las "señales" de los equipos de comunicaciones en sí; lo que lleva a hablar de señales de "comunicaciones" y de "no comunicaciones".

El SIGINT a su vez asciende de categoría, separándose del ESM, y pasa a contener al COMINT, haciendo que se cree un nuevo término para la detección y análisis de señales de "no comunicaciones": **ELINT** (ELectronic INTelligence / INTeligencia ELectrónica – INTEL).

Esto produce un conflicto de conceptos y términos entre SIGINT y ESM, conflicto que perdura hasta hoy, porque, como muestra la parte inferior del gráfico 2, la EWf no incluye al SIGINT, pero éste es el proveedor esencial de información para el funcionamiento de la EWf.

La explicación que se suele dar es que: el SIGINT es inteligencia estratégica; comprende un análisis detallado de los parámetros de los emisores que se detectan; responde a la pregunta ¿qué es?. El ESM en cambio es información táctica; comprende la verificación de la existencia y localización de los emisores ya analizados por el SIGINT; responde a las preguntas ¿cuál es? y ¿dónde está?.

Al mismo tiempo, la terminación INT gustó mucho, y aún cuando SIGINT originalmente abarcaba cualquier tipo de señal en todo el espectro electromagnético (eem), comenzaron a utilizarse términos para describir las INT en partes del espectro que se consideraron distintas; así surgió **IRINT** (Infra Red INTelligence) para la parte IR del espectro, **OPINT** (OPtical INTelligence) para las frecuencias ópticas y las imágenes, para las que también se utilizó el término **IMINT**. Y a la inteligencia clásica realizada por el hombre se la llamó **HUMINT** (HUMan INTelligence), etc., etc.

A la vez, se acuño toda una panoplia de términos y definiciones que sólo sirvieron para confundir al lego, y que obligaban a quienes dialogaban sobre el tema, a que aclarasen continuamente a qué se referían con el término que estaban usando.

¿QUE CONCEPTOS SE RESCATAN DE ESTA TORRE DE BABEL?

Siempre va a haber un "ALGO1" (measure / medida), sea un sistema de armas, un radar, comunicaciones, etc., que va a ser utilizado para hacer la guerra, y que se constituirá en una amenaza, o al menos, un algo molesto que uno desea sacarse de encima.

A ese "ALGO1" el oponente lo va a tratar de "degradar" mediante otro "ALGO2" al que llamamos contramedida, si utiliza el eem será una ECM / CME.

A la vez, el poseedor de la "measure / medida" le agregará a ésta un "ALGO3" al que llamamos ECCM / CCME para "proteger" a su equipamiento de los intentos de degradación del oponente.

Finalmente, habrá un "ALGO4" (SIGINT y ESM) que les permitirá a ambos, tanto al poseedor de la medida como a su oponente, "obtener

información", detectar y analizar las características que tiene el equipamiento del otro, para poder generar la ECM / CME o la ECCM / CCME según sea el caso.

En **SINTESIS**, no importa como se los llame, todo se reduce a **utilizar equipos y procedimientos que nos permitan "OBTENER INFORMACIÓN" sobre los medios que posee nuestro oponente; y basados en esa información desarrollar otros equipos y procedimientos para "DEGRADAR" los medios del enemigo y para "PROTEGER" los nuestros.**

DECADA 80

Estando así las cosas, en la década 80 la tecnología fue creando nuevas posibilidades y necesidades en la forma de hacer la guerra.

Supresión de la Defensa Aérea Enemiga / SEAD

Aún cuando ya existían los misiles antirradiación (ARM – Anti Radiation Missile) y las misiones "Wild Weasel", el gran desarrollo y el incremento de la letalidad de las armas superficie-aire, más la necesidad de atacar blancos en la profundidad del territorio enemigo, llevó a que creciera notablemente el área dedicada a la supresión de las defensas aéreas enemigas.

Estas misiones hasta entonces habían formado parte de las ECM, sin nombre propio, y se hacía referencia a ellas por el efecto que producían, que se denominó "hard kill" (matar duramente / con dureza) debido a que se utilizaban bombas o misiles para destruir las "Measures", por oposición al "soft kill" (matar blandamente / con blandura) que se producía por la radiación de energía electromagnética en forma de interferencias.

También, como ya mencionamos, se las conoció por el nombre que USAF dio a este tipo de misiones: "Wild Weasel" (comadreja salvaje), o por el misil que utilizaban: "ARM" (Anti Radiation Missile / Misil Anti Radiación).

Pero como dijimos, la necesidad creciente de eliminar, o al menos degradar, esas defensas superficie-aire, llevó a que el Hard Kill se desprendiese de las ECM, e incluso saliese de la EWf clásica, adoptando una nueva denominación **"SEAD"** (Suppression of Enemy Air Defenses / supresión de las defensas aéreas enemigas – Supresión de Elementos de Defensa Aérea – SEDA), que está orientada a degradar los sistemas de armas superficie-aire, y para lograrlo va a recurrir al ataque a sus sensores, sean los propios de las armas, sean los de alerta temprana.

Contramedidas de C^3 / C^3CM

Otro tanto sucedió en el área de las comunicaciones, o, para ser correctos, el área de Comando y Control (C^2), que, como veremos más adelante, incluye mucho más que comunicaciones.

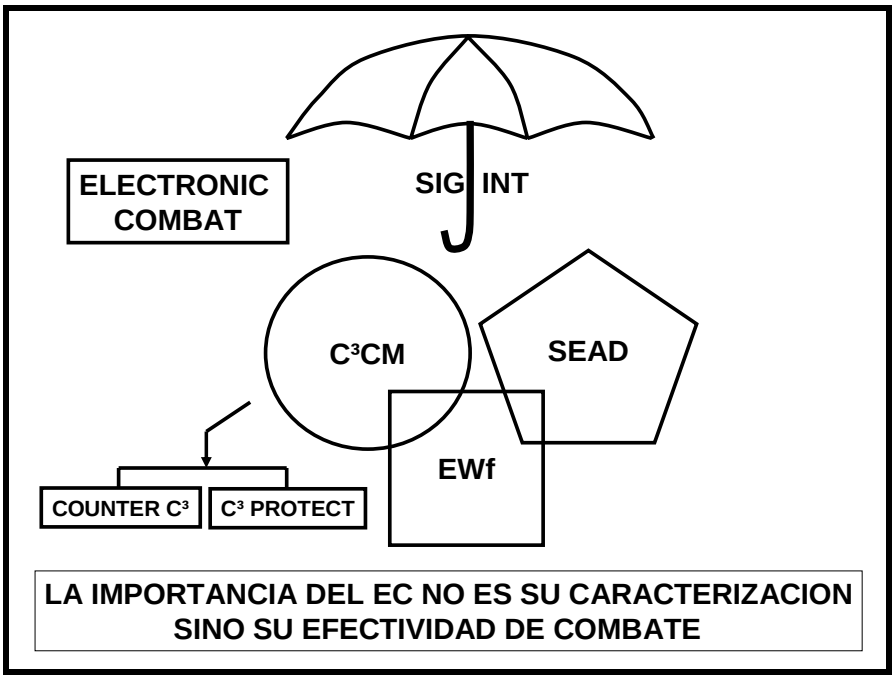

GRAFICO 3 - lo que USAF mostraba en sus manuales en la década 80

La incorporación masiva de equipos sensores, de procesamiento, de transmisión de datos, etc., que hubo en el área de C² hizo que también creciera la EWf dedicada originalmente a comunicaciones, y que incorporara además parte de los sensores que antes se consideraban "no comunicaciones" pero que brindan información para la toma de decisiones, y ella también se separó de la EWf clásica.

Pero los términos que se comenzaron a utilizar en Occidente (USA más precisamente), no fueron felices.

A igual que con la SEAD, en un principio se produce el desprendimiento de la parte comunicaciones que corresponde sólo a las ECM, y se las denomina "**C³CM"** (Command, Control and Communications Counter Measures / contra medidas de C³), pero este término; que si seguimos los lineamientos anteriores de la EWf sólo comprendería la parte "degradación" (CM), en su posterior evolución en realidad comprenderá tanto a ésta como a la "protección" de los sistemas.

Por eso, cuando se la clasifica, aunque conserva el término CM (contramedidas), se la subdivide en **"Counter C³** (Contra C³) orientada a la degradación de los medios del enemigo (CM), y en **"C³ Protection"** (Protección de C³) orientada a la protección de los medios propios (CCM).

Combate Electrónico – Combate Electromagnético

Los nuevos conceptos que acabamos de ver, y su difícil clasificación, hicieron que en Occidente (USA originalmente y luego el resto de los países), no se pudiese definir claramente como estructurarlos, aunque sí se tenía plena conciencia de lo importante que eran.

Por eso resultaba interesante ver en los manuales de USAF de fines de los 80 el gráfico 3, donde se hablaba de un nuevo término "Electronic Combat" (**EC** / combate electrónico) que paradójicamente desde un punto de vista doctrinario, a pesar de ser un combate incluía una guerra, la EWf, junto al C^3CM, la SEAD y el SIGINT. Juntos, pero sin poder definir por el momento sus relaciones y estructura.

No obstante, USA tenía perfectamente clara la importancia de estos nuevos conceptos, y con ellos fue y guerreó en el Golfo, aún cuando todavía no los podía estructurar en un gráfico.

Para procurar entender los nuevos conceptos, resulta útil hacer un reacomodamiento del gráfico 3 y normalizar los términos utilizados.

El resultado lo podemos representar en el gráfico 4; en donde, conservando los términos que fue acuñando USA como referencia, se superponen otros que nos permiten apreciar en forma más simple todos los conceptos involucrados, y al mismo tiempo normalizar la relación concepto-término en su correcto significado.

Si provisoriamente consideramos ese Combate Electrónico (CE / EC – Electronic Combat) como la confrontación **"degradar / proteger"**, podemos asumir que hay tres áreas en donde la misma se desarrolla:

1. La de los **SISTEMAS DE ARMAS:** en donde confrontan uno contra uno, el sistema de armas o plataforma amenazado contra el sistema de armas o plataforma amenazante. Se busca la supervivencia, basada en la autoprotección de la plataforma; es lo que podemos clasificar como la EWf original clásica, pero que, basados en la normalización antedicha, podemos denominar **"CESA"** (CE en Sistemas de Armas).
2. La de los **SISTEMAS DE C^2:** en donde los que confrontan son todos aquellos medios que intervienen en la toma de decisión, desde que se capta una situación hasta que el sistema de armas que va a actuar comienza su misión. Comprende la degradación / protección de sensores, procesamientos, transmisión de datos, comunicaciones, bases de datos, etc. Es lo que USA llamó C^3CM, y que podemos denominar **"CEC^2"** (CE en sistemas de C^2).
3. La de los **SISTEMAS DE DEFENSA AEREA:** es la confrontación entre los sistemas de armas superficie-aire y sus degradadores. A diferencia del CESA, no es el enfrentamiento uno contra uno para supervivir, sino el buscar degradar parte o toda la defensa aérea, para logra la superioridad aérea, o expresándolo más correctamente, para

lograr el vuelo impune por arriba de cierta cota y en áreas definidas.
A diferencia de USA, que al hablar de SEAD sólo se refiere a la parte degradación, el concepto **"CEDA"** (CE en la Defensa Aérea) comprende también los medios y procedimientos para proteger las defensas aéreas.
No se considera en esta área a la caza interceptora, ya que como veremos más adelante, ella puede ser degradada / protegida como plataforma (CESA) o a través de todo el sistema de C² necesario para colocar al caza interceptor en contacto con su blanco (CEC²).

El cuarto agrupamiento del gráfico 4 es la INTEM / **SIGINT,** que dentro del CE cubre un aspecto bivalente.

Por un lado, todos los medios y procedimientos que comprende conforman un **Sistema de OBTENCION DE INFORMACION**, que brindará los datos que permitirán que se desarrollen las confrontaciones degradar / proteger en las otras tres áreas. Si no poseemos esa información, no podemos saber qué es lo que hay que degradar, ni tampoco podemos saber como protegernos de aquello con que tratarán de degradarnos.

Por el otro, también es un área en donde, dentro de si misma, se realiza la confrontación degradar / proteger; degradar la posibilidad de obtener información que tiene el enemigo, y a la vez proteger nuestros propios medios de obtención de información. Esto, extrapolado a todos los medios de obtención de información, es lo que dio origen al acuñado del término "Information Warfare" (**IWf** - guerra de información). No obstante, podemos decir que forma parte del CEC².

Más adelante veremos que la INTEM es también parte del "Sistema de Información" que será utilizado para tomar decisiones en los procesos de C².

Como **RESUMEN** de todos estos conceptos podemos decir que:

- Hay un Combate Electrónico (**CE /** EC) en el que uno y su enemigo emplean medios y procedimientos en procura de **"degradar"** los medios del otro y **"proteger"** los propios.
- La confrontación que implica el CE se lleva a cabo en cuatro áreas:
  - El Sistema de Armas (**CESA /** EWf): para autoprotección.
  - El Sistema de C² (**CEC² /** C³CM): para descerebrar y paralizar al enemigo.
  - El Sistema de Defensa Aérea (**CEDA /** SEAD): para lograr el vuelo impune.
  - El Sistema de "Obtención de Información" (**INFO**), al que por ahora dejaremos con la denominación **INTEM /** SIGINT: para negar al enemigo el acceso a la información.
- Asimismo, el Sistema de **INFO** (INTEM por ahora), es el que brinda los datos necesarios para planear y ejecutar esas confrontaciones.

Como podemos apreciar, los conceptos aquí más o menos bosquejados coinciden con lo que estuvimos analizando al principio del trabajo, y que plasmamos en la Conclusión Intermedia.

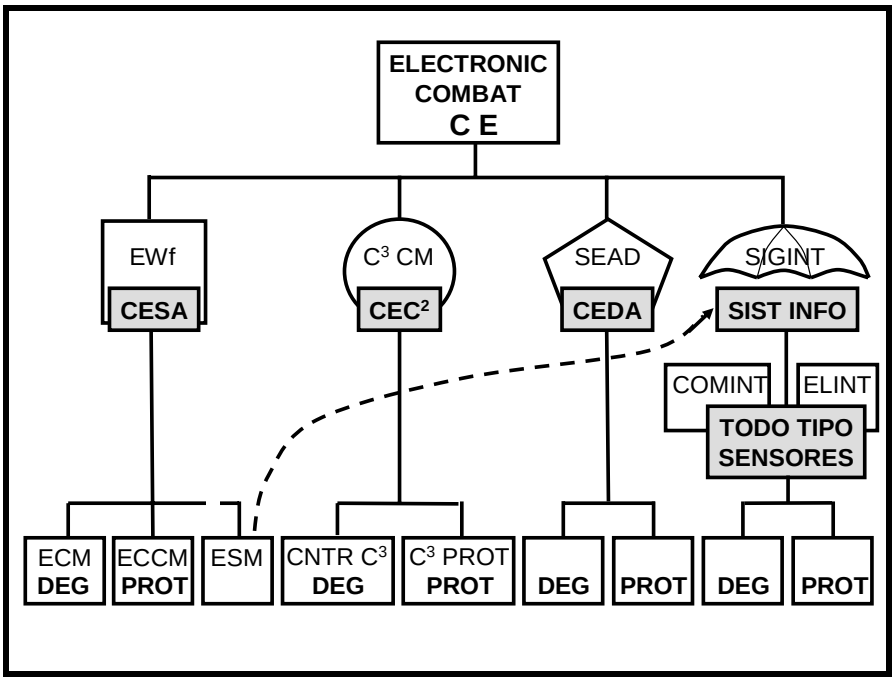

GRAFICO 4 – Como se puede reacomodar el concepto USAF 80 y completarlo con lo que actualmente sucede

Los Términos Post Golfo

IWF Y SUS DERIVADOS

Un año después de la guerra del Golfo, el Jefe de Estado Mayor de USAF, en un discurso (JUN92) manifestó que en el golfo USA y la Coalición habían ganado la "Information Warfare" (**IWf** / guerra de información), en referencia a que a través de sus operaciones C³CM habían degradado al sistema de información del enemigo, haciendo que tomara decisiones erróneas y tardías, o que no tomara decisión alguna, mientras que la Coalición disponía de toda la información necesaria para que sus decisiones fuesen correctas y oportunas.

El uso de este término fue impactante, y pocos meses después no había exposición o charla sobre temas militares en que no fuera la estrella; tanto, que pronto se corrompió, se diluyó el concepto de que se refería al sistema de información para la toma de decisión, para el Comando y Control, y comenzó a confundirse con otros.

Por ejemplo, muchos comenzaron a emplearlo como sinónimo de la guerra

psicológica, pensando que la IWf consistía en darle información errónea al enemigo. Otros la relacionaron con los "medios" de información pública, y lo que mostró la CNN en el golfo fue IWf.

Hubo otros dos factores que terminaron de corromper al término IWf.

Uno fue un informe sobre la guerra del Golfo presentado por la Corporación RAND, también a mediados de 1992, y que definió a lo sucedido en el golfo como la CYBERWAR (guerra cibernética), debido al uso intensivo que se había hecho de computadoras y sistemas de procesamiento automatizados.

Esto coincidió con la liberación al uso público de ARPAnet como Internet, y la rápida aparición, y obtención de fama, de los hackers. Y a partir de aquí, cuando se habla de IWf, la imagen que acude a la mente de la mayoría de las personas, es la de un adolescente sentado frente a una computadora, con una gaseosa en la mano y el queso de la hamburguesa chorreando sobre el teclado.

Asimismo, como el armamento utilizado en el golfo para atacar a los sistemas de información (centros de C^2, sensores, nudos de comunicaciones, etc.) fueron armas de precisión, muchos comenzaron a relacionar y confundir armas de precisión con IWf.

La IWf también dio pié a que se siguieran acuñando términos, y se siguiera generando más confusión. El vocablo se corrompió tanto, que en muchos círculos militares se produjo un rechazo al término.

Para tratar de comprender claramente qué es la IWf, nada mejor que tomar la comparación con el cuerpo humano que vimos antes. IWf es degradar/proteger los ojos, el cerebro y el sistema nervioso de ese increíble Hulk. Como resumen, es degradar/proteger:

- Todo tipo de sensores y medios que sirvan para "**obtener** la información" (los ojos).
- Todos los medios para "**procesar** la información" (cerebro).
- Cualquier tipo de medio utilizado para "**distribuir** la información" (sistema nervioso).

Tomando esto como referencia, podemos hacer un análisis que nos permita comprender los distintos conceptos involucrados.

Habíamos dicho que originalmente (cuando se acuño el término), el blanco de la IWf era el sistema de información que hace a la toma de decisión. Ahora bien, si esa toma de decisión se refiere a acciones militares, conflictos, guerras, etc., el término que suele utilizarse es **"C^2Wf"** (guerra de C^2) porque el sistema de información a degradar constituye la esencia del C^2.

Cuando el blanco es un sistema automatizado que no hace a la toma de decisión, que utiliza computadoras para procesar información, sea un sistema privado o público, una única computadora o toda la Internet, se lo llama "Computer Wf" (**CptrWf** / guerra de computadoras), y su símbolo natural es el hacker.

Cuando los hackers comenzaron a entrar a los sistemas de computadoras del

Gobierno en USA y otros países, y mostraron las vulnerabilidades y el daño que podían producir, apareció un nuevo concepto, que USA plasmó en Directiva Presidencial: la **"Infra Protection"** (protección de la infraestructura).

A igual que sucedió con SEAD y C³CM, este es un concepto (o término) que expresa el problema en una única faceta, cuando en realidad tiene dos; porque si se debe proteger la Infra del Estado, también se puede degradar, y por tanto el concepto correcto sería el de "**Infra Wf**" (guerra de infra).

Pero si lo consideramos en detalle, la Cptr Wf es sólo una de las formas de hacer la Infra Wf, porque a igual que en todas las otras situaciones descriptas hasta ahora, en el caso de la Infra del Estado, también hay otras formas de degradar a los sistemas que no sea sólo mediante un hacker.

Por ejemplo, USA degradó la energía eléctrica (parte de la Infra) de Serbia mediante el lanzamiento de armas que se han dado en llamar "heterogéneas", y que entran en la categoría de soft kill. Estas "bombas" CBU-102/94 consisten en carretes de hilos de ferrite o plástico revestido en aluminio, lanzados desde el aire, que se desenrollan durante su caída formando redes que, al tocar los cables de alta tensión los cortocircuitan, degradando así transitoriamente a toda una serie de sistemas y elementos, especialmente los basados en información, que necesitaba Serbia para hacer la guerra.

Para completar el concepto, como Infra del Estado se considera normalmente todo aquello que hace al funcionamiento básico de un país, y cuya degradación produce un descalabro en mayor o menor escala.

En general comprende los servicios de comunicaciones, de energía eléctrica, de distribución de gas y agua, de tránsito aéreo y transportes, las redes de bancos y finanzas, los servicios de emergencia y los organismos gubernamentales.

La revolución tecnológica en los sistemas de información por supuesto también alcanzó a los medios noticiosos, y marcó una gran diferencia con las guerras anteriores, en las que la información de los reporteros y corresponsales (fotos, películas, escritos) pasaba primero por la censura.

Ahora esto desapareció, ya que la información va directamente desde la cámara que capta la escena a la audiencia. Para colmo la audiencia antes era reducida por el alcance del medio (diario, radio, etc.), pero ahora, con medios como la CNN o similares, la audiencia es el mundo entero. Es lo que sucedió en el Golfo.

Como consecuencia, el General que en las guerras anteriores se afeitaba por higiene, ahora se afeita por imagen, y debe consumir parte de su valioso tiempo frente a las cámaras de TV, explicando al público el porqué de sus decisiones.

No sólo debe explicar el porqué de sus acciones, sino que debe estar atento a lograr que los denominados forjadores de opinión, partícipes no invitados que se autoelevan como jueces de las acciones de la guerra, unos pocos con algunos conocimientos, pero muchos sin tener la más mínima idea de lo que es la guerra, estén de su lado.

Por eso el USARMY ha potenciado las ¨Information Operations¨ (IO /

Operaciones de Información) para lograr encauzar a la opinión pública.

El resultado es que los Comandantes tienen un factor externo de presión, que les puede coartar su libertad para tomar decisiones.

Es más, a todos estos medios de opinión, al menos en teoría, no se los puede degradar, aún cuando algunos Comandantes se sientan tentados a hacerlo en procura del secreto o discreción de sus operaciones, o para negarle al enemigo la información que indirectamente pueden brindarle.

Es por esta razón, el que no se los puede degradar aunque constituyan un medio de obtención de información, que no se los incluye en la INFO Wf.

Aún queda un sinnúmero de términos que no consideraremos, ya que su análisis sólo ayudaría a que se enreden los conceptos.

Y para evitar las posibles confusiones a que se ha prestado el término IW o IWf, en el presente trabajo utilizaremos en su lugar: **"INFO Wf";** que define lo que dijimos más arriba: **degradar/proteger la obtención, procesamiento, y distribución, de la información.**

C² Y SUS RELACIONADOS

Paralelo al auge de la INFOWf se produjo el boom de los "Sistemas de Información", y se repotenció nuevamente el concepto de C²; concepto que también había tenido en las décadas 70/80 su eclosión de términos, o más correctamente, las potencias a las que se elevaban las C e I y sus combinaciones.

Las C estaban referidas normalmente a Comando, Control, Comunicaciones, Computadores; y las I a Inteligencia, Información, Interoperatibilidad.

Para la época de la guerra del Golfo, el término en boga era **"C4ISR"** (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance / Comando, Control, Comunicaciones, Computadoras, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento).

Estos "S" y "R" fueron producto de los grandes desarrollos tecnológicos que se lograron en el área de los sensores, y en la posibilidad de procesar grandes cantidades de datos en tiempo casi real; así como también en el incremento que se logró en las velocidades para su transmisión.

Como resultado surgieron toda una serie de nuevas ideas y conceptos. Algunos de ellos siguen vigentes y se transformaron en proyectos y desarrollos.

Luego de la guerra del Golfo, el USARMY inició una política de potenciación de sus sistemas de C², sobre todo, comenzó a desarrollar los medios para asegurar que todas sus unidades tuviesen acceso a la información disponible. A este proyecto lo llamó **"Digital Battlefield"** (Campo de Batalla digital), ya que está basado en el procesamiento de la información y su transmisión en forma digital.

Procurando hacer llegar la información al infante, creó el **"Digital Warrior"** (guerrero digital).

Las nuevas posibilidades de procesamiento de datos permitieron fusionar y

distribuir la información proveniente de distintos sensores ubicados en forma remota o en distintas plataformas.

Esto llevó a la USNAVY a promover un nuevo concepto, el **"Network Centric"** (Centrado en la Estructura de Red), que consiste en que cada buque para su C² utilice la información provista por los sensores de otros buques u otros medios remotos; por oposición al concepto **"Platform Centric"** (Centrado en la Plataforma), que consistía en que cada buque para su C² utilizaba sólo la información proveniente de sus propios sensores.

Estas nuevas tecnologías le permitieron también a USAF concretar un proyecto similar al "Digital Battlefield" y el "Network Centric" que había iniciado hace muchos años con el "Joint Tactical Information Distribution System" (**JTIDS** / Sistema Táctico Conjunto de Distribución de Información), e ir más allá, desarrollando el concepto de **"Situational Awareness"** (Tener Clara la Situación), que permite a la plataforma tener pleno conocimiento de lo que está pasando a su alrededor y que puede involucrarla.

Toda esta posibilidad de disponer de información sobre todo el volumen espacial donde se desarrolla la batalla, y la posibilidad de negársela al enemigo (a través de la INFOWf), llevó a que se acuñara el concepto – término "Dominant Battlespace Knowledge" (**DBK** / Conocimiento Dominante del Espacio de Batalla), en donde, la información de que se dispone, comparada con la que posee el enemigo, significa una diferencia tal que le permite a uno controlar y dominar al enemigo (paralizarlo).

Con este acronismo vemos que también ha surgido otro nuevo concepto sobre el que volveremos; ya no se habla de "Campo de Batalla", sino de "Espacio de Batalla", pues se le ha agregado en forma permanente la tercera dimensión, y todos los enfrentamientos se analizan dentro de un volumen y no sobre una superficie.

SINTESIS DE LOS CONCEPTOS

El gráfico 4 se adecua bastante a la realidad, si no fuera porque aunque se hable de Combate Electrónico, este se desarrolla en el ambiente electromagnético. Pero ya vislumbramos en el ejemplo de las armas heterogéneas, que los elementos intervinientes van más allá del eem, aun cuando, como veremos al tratar los Sistemas de C², la gran mayoría de los equipamientos que intervienen están basados en el uso de ese eem.

Pero este gráfico nos puede servir si en él reemplazamos el término "CE" por "degradar/proteger", y reemplazamos también "INTEM" por "INFO", ya que es el sistema que nos va a brindar la información, no importa si la obtenemos a través del eem u otros medios.

Y así de esta forma, tenemos las cuatro áreas o agrupaciones donde, como ya adelantáramos, podremos hacer esa confrontación, degradando los sistemas del enemigo, y a la vez protegiendo los propios, con la particularidad que el sistema

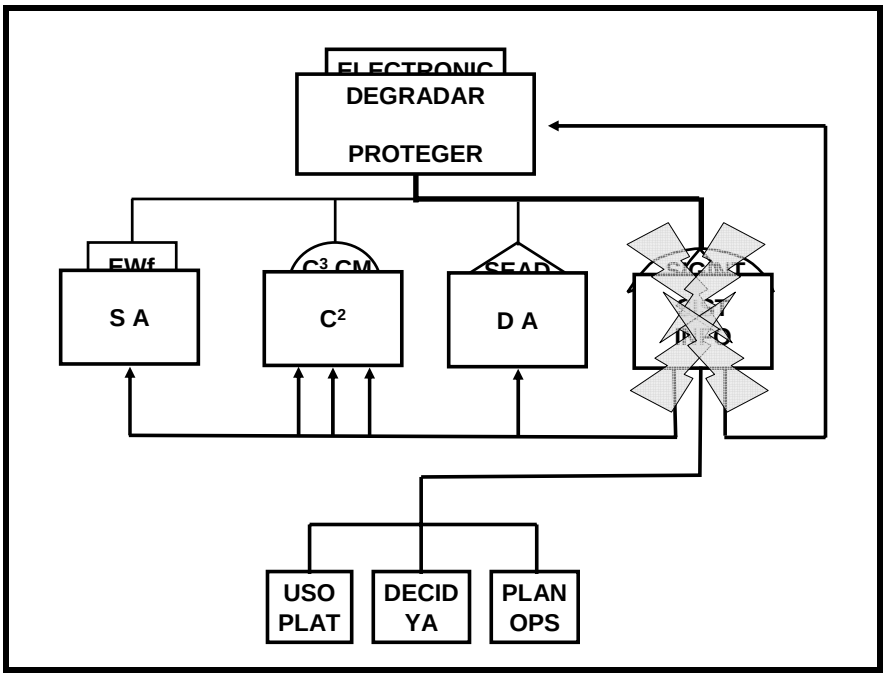

GRAFICO 5 – El CONCEPTO que debemos preservar: **DEGRADAR/PROTEGER** el sistema de **INFORMACION**

de información "INFO" será de acceso común a las otras tres áreas, ya que una misma información que obtengamos, muchas veces servirá para todas las áreas.

Esa información servirá por igual para todos los niveles de decisión, desde el Comandante Supremo de la Guerra, para que tome sus decisiones al más alto nivel, hasta la plataforma (avión, tanque, buque) o el jefe de pelotón de infantería, para que tenga clara la situación, sepa que está pasando a su alrededor (situational awareness) y obre en consecuencia.

Todo se basa en la "INFO"; hasta incluso un misil ya lanzado, para alcanzar su blanco depende de esa "INFO" que se le hace llegar, por ejemplo, el eco radar devuelto por el blanco.

En **SINTESIS**, todo lo que hemos analizado hasta ahora, no importan los términos o las clasificaciones, se reduce a un concepto simple:

> ***"Cualquiera sea nuestro nivel, debemos disponer (obtener, procesar y distribuir) de la adecuada información para poder actuar correctamente, debemos negarle al enemigo el acceso a la información (degradarla), y por supuesto, debemos evitar que el enemigo haga lo***

mismo con nosotros, debemos proteger nuestro acceso a la información".

En el gráfico 5 se visualiza aproximadamente ese concepto.

El problema estriba en cómo llamar a esta confrontación; que nombre darle a lo que está plasmado en este gráfico 5.

Lo más adecuado sería que utilizáramos el término CE, pero corremos el riesgo de limitarnos subconscientemente a su interpretación clásica, recordemos que debemos incluir en él a todo lo que hace al Sistema de Información, y que va más allá del eem. Probablemente serviría ¨Guerra de Información¨ (IWf), pero puede prestarse a que igualmente se confundan conceptos, debido a la corrupción que ha sufrido el término.

Ante esta situación, ¿que hacer?; lo que ya expresamos con anterioridad, puesto que lo que importa es tener claro el concepto; recordando al oficial israelí: ¨**no lo sé, pero lo hacemos**¨**.**

PARTE II

LOS BLANCOS A ATACAR

REPLANTEO DE PRIORIDADES

Uno de los mayores efectos de los desarrollos tecnológicos de la década 80 fue la ¨disponibilidad de la información¨.

Gracias a los nuevos desarrollos que mejoraron y simplificaron la forma de obtener la información (especialmente sensores); gracias a que se logró la posibilidad de procesar, fusionar y distribuir grandes volúmenes de datos; pero sobre todo, gracias a que todo esto se podía hacer en tiempo casi real; más correctamente para el caso que nos interesa, dentro del tiempo de exposición de la mayoría de los blancos móviles; se repotenciaron y ascendieron en prioridad y rentabilidad toda una serie de blancos.

A esto también contribuyeron, además de esa disponibilidad de la información, otros desarrollos, como el GPS y las nuevas armas de precisión.

Los Blancos Repotenciados

Como era de esperar, la información en sí se constituyó en un blanco muy rentable, los medios para su obtención (sensores), los lugares de procesamiento y utilización (Centros de C^2), y los medios de distribución (redes de comunicaciones). Todos ellos constituyen blancos que podemos agrupar arbitrariamente como **sistemas de C^2** .

Como dijimos recién, la posibilidad de disponer de la información sobre los blancos móviles dentro de su tiempo de exposición permitió repotenciar como blanco a las **fuerzas terrestres en la profundidad** del territorio enemigo.

Asimismo, las capacidades adquiridas crearon nuevas formas para poder combatir a los **medios aéreos**, atacándolos apenas salen de sus aeródromos-santuarios.

Y con el fin de sacarle al enemigo las ganas de guerrear, también se repotenció como blanco la **infraestructura del estado**.

Y finalmente, para poder alcanzar a todos estos blancos, la mayoría de los cuales están en la profundidad del territorio enemigo, surgió la necesidad de atacar a las **defensas aéreas**.

Aunque hablamos de blancos a atacar, lo que estamos buscando no es siempre destruirlos, sino que muchas veces basta con degradarlos, en mayor o menor magnitud, y siempre lo haremos pensando cuanto influye ese blanco en la

degradación a su vez del CR del enemigo, en procura de descerebrarlo, paralizarlo, y como fin último, quitarle las ganas de guerrear.

Por eso no sólo se lo atacará con munición explosiva (hard kill), sino que se utilizará cualquier medio (soft kill), como radiaciones electromagnéticas, munición heterogénea, armas no letales, etc.

Y como veremos, la mayoría de estos blancos están tan imbricados con lo que es información, que muchas veces basta con atacar a ésta, por ejemplo, los sensores o los enlaces de comunicaciones de cualquier sistema de armas, para ya degradarlo.

Esta degradación por sí a veces es suficiente, y si no, deja al blanco ya predispuesto y casi inerme para eliminarlo definitivamente.

Tres Entornos de Blancos

Si a los blancos se les agregan las amenazas que encontraremos al atacarlos, se pueden discriminar tres zonas o entornos diferentes de blancos, a los que podemos definir como volúmenes, dentro del teatro de operaciones.

El primero de estos volúmenes estará dado por los ¨Alcances de los Medios de Ejército y sus Baterías Antiaéreas¨ (**AMEBA**), y está conformado por:

- El área que ocupan las unidades terrestres, a la que se le debe agregar un anillo exterior de 4 ó 5 km, dado por el alcance de sus armas terrestres.
- También se le debe agregar una zona de aproximadamente 30 km hacia el frente, fijada por el alcance de su artillería de campaña.
- Más allá de estos 30 km se proyectan los alcances focales de los cohetes múltiples.
- Asimismo, las armas superficie-aire de corto alcance, tanto cañones como misiles, formarán un volumen sobre esta área, delimitado por un anillo alrededor de las fuerzas de aproximadamente 10 km y con una altura de 15.000 pies (15 kft - 4.500 m).
- No se incluyen en el volumen de los AMEBA los misiles superficie-aire de mediano y largo alcance que están emplazados en su interior, ya que como veremos después, constituyen los blancos prioritarios para la supresión de las defensas aéreas, y merecen un tratamiento especial.
- Estos AMEBA se prolongan hacia la retaguardia en uno o más corredores, por donde fluyen las fuerzas que siguen y la logística.

En el gráfico 6 se visualizan dos volúmenes de AMEBA, tanto el del enemigo como el propio que lo enfrenta.

Sus dimensiones estarán así sujetas a la forma en que se habrán distribuido las fuerzas terrestres y al alcance de las armas que poseen en el lugar.

Su forma es continuamente cambiante, y constituye el más dinámico de los volúmenes en que se lleva a cabo la guerra. Si a esto se le agrega la cantidad de

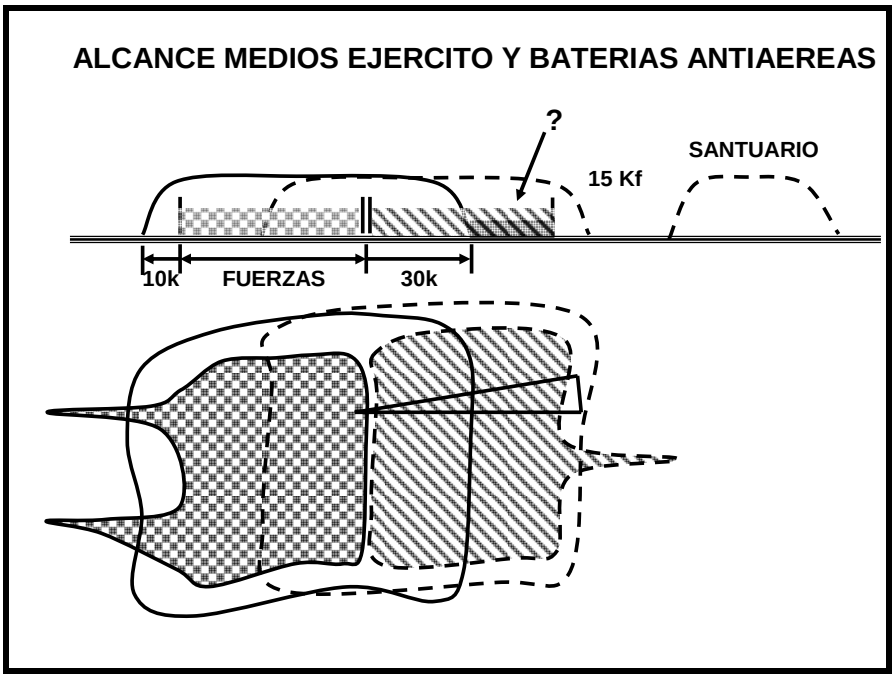

GRAFICO 6 – Alcance de los medios de Ejército y sus baterías antiaéreas

medios que están interactuando en su interior, y a veces, el entrecruzamiento de las fuerzas propias y del enemigo, el resultado es un verdadero caos, que se debe controlar si se pretende el éxito.

Lo más complejo es el manejo del aire dentro de esos 15 kft, ya que en él interactúan:

- Los aviones de apoyo aéreo cercano.
- Los helicópteros de todo tipo; apoyo de fuego, cazatanques, transporte de tropas, evacuaciones, reconocimiento, etc.
- Todo tipo de armamento contra-aire diseminado por todos lados, y cuyo único control es por veto si uno desea que cumpla su cometido.
- A esto debemos agregar los VeNTri de todo tipo que cada vez son más numerosos, e incluso en algunos casos, se deben considerar también los misiles de crucero.
- Y por último, también están las artillerías de campaña, ya que sus flechas oscilan en los 15 kft.

Otro volumen es el formado por los **SANTUARIOS**, constituidos por los objetivos materiales que se encuentran en la profundidad del territorio enemigo, fuertemente defendidos, y que procuran proteger contra los ataques aéreos a los

blancos que están en su interior.

Aunque se los nombre ¨santuarios¨, esto no quiere decir que los blancos de su interior no son posibles de alcanzar, degradar o destruir.

El santuario es tal por la abundancia de armas superficie-aire, por lo que, para los ataques, se debe procurar el uso de armas que permitan su lanzamiento desde fuera del santuario, por arriba de los 15 kft o por fuera de los 10 km.

Un ejemplo de la guerra del Golfo. En los ataques a los aeródromos iraquíes, los Tornado ingleses debían penetrar en esos santuarios para lanzar sus bombas, los F-16 de USAF en cambio lanzaban desde arriba de los 15 kft. El resultado: la proporción de pérdidas fue de 50 Tornados por cada F-16.

De los 9 Tornado que perdieron los ingleses, 8 fueron en los primeros días, hasta que cambiaron los procedimientos.

El resto del territorio, fuera de los AMEBA y los santuarios, constituye el tercero de los volúmenes, en donde la densidad, y sobre todo peligrosidad de las defensas aéreas no es tan grande, aún cuando sí son abundantes los blancos redituables: **las fuerzas terrestres en la profundidad**.

Esto define tres volúmenes diferentes para el tratamiento de los blancos, cada uno de los cuales conforma un entorno particular, tanto desde el punto de vista defensa aérea como del uso de ese espacio aéreo.

A diferencia de los AMEBA, en los santuarios sólo hay enemigos, y por tanto no existe el riesgo del fraticidio aire-tierra, y mantener el control de los propios medios atacantes es más sencillo dado su número.

Los AMEBA en cambio son muchísimo más complejos. Están los dos AMEBA imbricados, el nuestro y el del enemigo; hay gran abundancia de unidades independientes, y todos tiran para arriba, desde el infante con su misil portátil hasta el más sofisticado de los SAM; y como vimos recién, hay un gran número de medios usando simultáneamente ese mismo espacio aéreo.

Asimismo, la gran movilidad de los medios terrestres conlleva un gran riesgo de fraticidio aire-tierra que impone enormes restricciones a los ataques.

Aún cuando se busque tirar desde afuera (arriba de los 15 kft) de los AMEBA para solucionar el problema a los aviones, el riesgo del fraticidio aire-tierra sigue; la única forma de evitarlo es atacar a las fuerzas terrestres enemigas en la profundidad.

Lo que hasta aquí hemos analizado nos está presentando no obstante otro serio problema: el manejo (C^2) del aire dentro de los AMEBA; existe abundancia de información, manuales y procedimientos escritos al respecto, pero siempre está latente el fraticidio. La mejor opción para resolverlo, aún cuando aquí no lo desarrollaremos, es tratarlo en forma similar a como se controla el tránsito aéreo, considerando a los AMEBA y santuarios como TMA, con un límite superior fijado por los 15 kft del alcance de las armas.

De esta forma los AMEBA tienen su propio órgano responsable del manejo del aire; que aunque no impone operaciones, coordina el uso que hacen todos los medios que antes describimos, alerta sobre las posiciones relativas y los riesgos, y

también coordina con el responsable del resto del movimiento aéreo que se produce por arriba y alrededor de los AMEBA, o que entra o sale de éstos.

Y así, sí se puede implementar un control adecuado, al menos se reducen los riesgos del fraticidio aire-tierra y tierra-aire; y por tanto se posee más seguridad (libertad) para el ataque a los blancos, tanto terrestres como aéreos, dentro de los AMEBA.

From The Sea

Los resultados de los nuevos conceptos aplicados en la guerra del Golfo, estimularon a la USNAVY, seguida luego por algunas armadas europeas, a elaborar el término-concepto ¨From the Sea¨ (desde el mar), que luego evolucionó hacia ¨Forward, from the Sea¨ (hacia adelante, desde el mar).

Bajo este concepto, la USNAVY cambió la forma de guerrear flota contra flota en las ¨Blue Waters¨ (aguas azules) de la inmensidad de los mares, por la guerra litoral o ¨Brown Waters¨ (aguas marrones).

Esta nueva forma de guerrear es adecuada para aquellas fuerzas navales que actúan en teatros de operaciones lejanos de su país de origen, ya que consiste en participar de la guerra terrestre pero utilizando los medios navales. De ahí el From the Sea y el Brown Waters.

Para nuestro análisis, estas fuerzas deben ser tratadas como blancos dentro de santuarios, sea que estén tan próximas que formen parte de los AMEBA, sea que estén lejos y se los considere como blancos en la profundidad.

LAS FUERZAS TERRESTRES EN LA PROFUNDIDAD

La Intro-conclusión decía:

Al enemigo:

- Lo descerebramos
- Lo paralizamos
- Después le despedazamos los puños
- Hasta que diga basta

Lo descerebramos: Como ya vimos, esto lo hacemos degradando sus sistemas de C^2: los medios de obtención de información (sensores y otros), los de toma de decisión (procesamiento de la información), y los de distribución de esa información (transmisión de datos y comunicaciones). En los capítulos del Segundo Análisis volveremos con más detalle sobre estos conceptos.

Lo paralizamos: Le negamos toda posibilidad de utilizar sus sistemas de armas:

- Lo obligamos a que no mueva sus medios aéreos, a que los mantenga dentro se los pseudosantuarios que son sus aeródromos, apenas salen los derribamos, de forma que su única alternativa para no perderlos sea

hacerlos escapar, como hizo Iraq llevándolos a Teheran.

- Lo obligamos a que no active sus sistemas de defensa aérea, lo hacemos tomar conciencia de que radar prendido es radar eliminado.
- Lo obligamos a que no mueva sus tanques y armamento pesado, pues apenas los saca al descubierto son destruidos.

Le despedazamos los puños: Atacamos sus fuerzas terrestres de forma tal que lo obligamos a que las diluya, que las desparrame, le impedimos que pueda agrupar fuerzas para realizar operaciones importantes. Y si a pesar de esto todavía tiene ganas de pelear (ni Iraq ni Serbia las tuvieron), sólo debemos hacer que nuestras tropas terrestres vayan eliminando los bolsones de resistencia que quedan.

El resultado: Lo que sucedió tanto en el Golfo como en la ex Yugoslavia: el enemigo se convence de que su única opción es rendirse.

Su Consideración Como Blancos

Por ahora dejaremos de lado como descerebrar al enemigo, y como paralizar sus medios aéreos y su defensa aérea, y nos dedicaremos a sus fuerzas terrestres.

Para ello, previamente debemos hacer una clasificación de los blancos en función del tiempo mínimo que permanecen expuestos en una misma posición geográfica; y que se denomina la "ventana de tiempo del blanco" (VTb), dentro de la cual tenemos que completar nuestro ciclo de reacción (CR), desde que lo detectamos hasta que lo atacamos, en forma similar al ejemplo que vimos en el capítulo I de cómo actuaban los soviéticos.

LOS DIFERENTES TIPOS

En forma completamente arbitraria, podemos decir que habrá blancos:

- FUGACES: Que no tienen prácticamente una VTb, sólo permanecen escasos minutos en un mismo lugar, y por ello requieren un seguimiento y actualización permanente de su posición. Se los suele denominar "Time Critical Targets" (TCT / blancos críticos por tiempo – blancos de tiempo crítico). En general, son los que pueden cumplir su función mientras se desplazan, no necesitan detenerse para actuar (tanque, helicóptero, avión).
- MOVILES: Tienen una VTb mínima de 30 minutos, es el tiempo que les demanda detenerse, actuar, y continuar (un obús, los SCUD).
- TRANSPORTABLES: Son los que una vez emplazados permanecen en el lugar no menos de 3 horas (un nudo de comunicaciones móvil).
- DESPLAZABLES: y semipermanentes. Su VTb mínima se cuenta en días o semanas (un radar de alerta temprana, un vivac).
- PERMANENTES: Son instalaciones fijas que siempre van a estar ahí

(un aeródromo, un bunker para puesto comando), lo único que varía en ellos es su contenido, constituido por blancos de los tipos anteriores.

A pesar de esta clasificación, no siempre un mismo sistema de armas o medio será clasificado en forma idéntica; por ejemplo, un tanque, que es un blanco fugaz, cuando se entierra para ofrecer un bajo perfil a las armas terrestres, indirectamente está degradando su VTb, ya que por lo menos permanecerá en el lugar por 2 ó 3 horas, tiempo más que suficiente para detectarlo, planear la misión y atacarlo desde el aire. Situación completamente distinta a si está en movimiento, pues a las 2 horas puede estar en cualquier lugar 60 km a la redonda.

LAS DISTANCIAS INVOLUCRADAS

Comenzaremos analizando las distintas áreas, o más correctamente, las distancias para el combate, que toman como referencia la "Línea de Contacto" (LC) entre las fuerzas propias y el enemigo.

La primera de éstas es la del "Combate Cercano" (CC), que podemos decir que, con pequeñas variaciones, generalmente se la ubica a 4 ó 5 km de la LC.

Esta distancia está relacionada con el alcance de la mayoría de las armas, pero sobre todo, con el rango del que hasta hace poco era el único sistema de reconocimiento en tiempo real, el visual.

La distancia entre los 4-5 km y los 30-35 km está reservada casi exclusivamente a armas de grueso calibre, en particular a la artillería de campaña.

Asimismo, hay una distancia para los cohetes y otra para los misiles balísticos.

Estas distancias son función de los alcances de las armas, y en el caso particular de los cohetes y los misiles, a las distancias se les debe agregar una apertura angular transversal, debido a que en general son armas escasas, por lo que normalmente no cubren todo el frente de combate, y, aunque pueden cubrir zonas extensas, su área de efecto es comparativamente puntual.

Estas áreas y distancias no suelen estar definidas con precisión, y se las incluye en una zona en la que es necesario coordinar los fuegos de las plataformas aéreas y terrestres, y que llega hasta la que se denomina "Línea de Coordinación de Apoyo de Fuego" (LCAF).

A esta zona entre los 4-5 km y la LCAF se la suele designar como de "Combate en la Profundidad", por correspondencia con el CC.

En el área más allá de la LCAF es en donde se aplica normalmente la interdicción aérea.

Estas áreas y distancias, sobre todo la LCAF, son generadoras de conflictos entre los Comandantes de las Fuerzas Terrestre y Aérea por su ubicación.

El Comandante terrestre la quiere lo más lejos posible, y el Comandante aéreo lo más cerca posible; muchas veces no por razones prácticas.

Esto es lo que sucedía en NATO durante la guerra fría, el resultado era que cuando las distancias eran superiores a los 30 km, indirectamente y sin quererlo,

producían un "santuario" para las fuerzas enemigas entre el alcance máximo de las armas de superficie y la LCAF. Esto es lo que aprovechó la URSS, explotando los celos de ambos Comandantes enemigos, ya que para que el Comandante aéreo pudiese atacarlos en ese "santuario", debía coordinar previamente con el Comandante terrestre, y esta coordinación formaba parte del CR, extendiéndolo por fuera de la ventana de tiempo de los blancos.

En las concepciones posteriores se buscó eliminar ese santuario, y aunque todavía produce algo de rechazo, se ha procurado determinar las áreas y las distancias en función del alcance de las armas.

PARA ATACAR UN BLANCO SE NECESITA INFORMACIÓN

Si hacemos un detallado análisis, veremos que para poder atacar a un blanco se necesita, por supuesto, tener armas que lo alcancen, pero además:

- Detectarlo y localizarlo con precisión, al menos con una precisión igual a la del arma con la que va a ser atacado.
- Que se lo pueda atacar dentro de la ventana de tiempo que presenta el blanco (el CR del atacante debe estar dentro de esa ventana).

Estos eran los dos problemas con los que se enfrentaban los Comandantes de las décadas 70-80: las dificultades para detectar y localizar las fuerzas enemigas más allá de los 4-5 km, pero sobre todo, más allá de los 30 km, y poder marcarlos con precisión; y asimismo era un hecho que cuando llegaban para atacarlos, ya no estaban.

Por eso las misiones de interdicción no eran lo suficientemente numerosas, y en general estaban orientadas hacia blancos que poseían una gran VTb.

Para detectar y localizar a las fuerzas del enemigo uno de los problemas a vencer era el alcance de los sensores, para ello había dos opciones: se buscaba altura y mayor sensibilidad (alcance) de los sensores, o se buscaba acercarse (esto último a riesgo de la supervivencia) penetrando las líneas enemigas.

Para la primera opción recordemos que hay una limitación física dada por los horizontes óptico y electromagnético (em). Las fórmulas que nos dan una idea de ellos son:

Alcance óptico en km = $3{,}57\sqrt{h_{sensor(m)}}$

Alcance em en millas náuticas (NM) = $1{,}23\sqrt{h_{sensor(ft)}}$

Alcance em en kilómetros = $4{,}12\sqrt{h_{sensor(m)}}$

A esta limitación por horizontes, se agregaba la propia de los sensores de esa época en cuanto a alcance, precisión, y definición.

Pero el mayor problema que se tenía con los sensores era el tiempo de

acceso a la información que brindaban, que permitiera ordenar y ejecutar las misiones dentro de la VTb.

Los sensores disponibles en los 70-80 eran:

- Un observador abordo de una plataforma aérea: su alcance era el visual, y su precisión relativa, normalmente refería al blanco respecto a elementos destacables del terreno, y si podía sobrevolarlo, lo marcaba con una señal fumígena, y si todavía estaba en el área cuando el blanco comenzaba a ser batido, podía ajustar la precisión mediante indicaciones verbales.
  El del observador aéreo era el único sistema de detección cuya información era pasada a las armas en tiempo real.
  Pero si permanecía en el área para cumplir todo lo que dijimos, se ofrecía como blanco con una ventana de tiempo suficiente para ser derribado; porque además de todo lo dicho, para poder distinguir los blancos debía volar bajo y lento.
  Por eso normalmente se lo utilizaba para blancos en la zona de combate cercano, y hasta los 30-40 km.
- La Fotografía Aérea con Película, ya sea vertical u oblicua: Si la plataforma podía volar en condiciones de relativa seguridad (U-2, SR-71) no tenía problemas de alcance. Otro tanto se puede decir de la fotografía oblicua (tipo LOROP – Long Range Oblique Photography / Fotografía Oblicua a Gran Distancia) hasta los 60 -70 km de la LC.
  En los otros tipos de plataformas, normalmente aviones de combate adaptados o configurados para el reconocimiento en la profundidad, el problema, como en el caso anterior, no es directamente el alcance, sino la supervivencia; por lo tanto los vuelos son escasos, y la información insuficiente o discontinua.
  Pero el mayor problema que presenta la fotografía por película es su CR, ya que el avión debe regresar a su base, procesarse la película y analizarla dentro de la ventana de tiempo del blanco.
  Asimismo, la precisión de localización del blanco dependía de la precisión del sistema de navegación de la plataforma.
  Es debido a todos estos factores que normalmente la fotografía con película es usada para blancos permanentes o desplazables, que todavía estarán allí cuando vayan las armas a atacarlos.
- El SLAR (Side Looking Airborne Radar / Radar aeroportado de visión lateral): Es el predecesor del verdadero radar de apertura sintética (SAR – Synthetic Apperture Radar) con el que a veces se lo confunde; las tecnologías de ese entonces hacían que se debiese grabar la señal sobre una película, para procesarla después en tierra y recién ahí obtener la información, lo que hacía que su CR estuviese casi siempre por fuera de la ventana de tiempo de sus posibles blancos.

Su alcance, subordinado a la supervivencia de la plataforma, oscilaba en los 80 – 100 km.

- El SIGINT: Es prácticamente el único sistema que no tuvo problemas de alcance desde sus comienzos, instalado en plataformas que vuelan a 36.000 pies o más, detectaba sin problemas a gran parte de los emisores de esa época entre los 200 y los 350 km de distancia, por lo que podía operar por fuera de la envolvente de las armas enemigas.
  Pero la limitación la tenía en la capacidad para procesar la cantidad de información que obtenía, por eso debía dedicarse a determinados emisores en forma casi exclusiva.
- El Satélite de Reconocimiento: Como veremos más adelante al hablar de los sensores, su problema no era el alcance, pero sí la oportunidad del sobrevuelo y la periodicidad de revisita del blanco que tiene, más, por supuesto, el CR que poseía.
  A este respecto, incluso durante la guerra del Golfo, los Comandantes se quejaban de que cuando les llegaba la información ya era tarde.
- El Radar para Localización de Morteros: Es el único que no necesita de altura para lograr su alcance, ya que se basa en el cálculo de la trayectoria balística de la munición enemiga para localizar su arma lanzadora. Y por supuesto, su alcance está relacionado con el alcance que posee la artillería enemiga, que como ya vimos, es en general alrededor de los 30 km.

EL SANTUARIO DEL KM 31

Recordemos que los blancos que estamos considerando para atacar no son instalaciones, no son blancos fijos, sino que son las fuerzas terrestres, que poseen movilidad, y por tanto la mayoría de ellos son blancos fugaces.

Por lo que hemos visto hasta aquí, en las décadas 70-80 había varias limitaciones para atacar a las fuerzas terrestres en la profundidad del territorio enemigo.

En cuanto a las armas terrestres, ya vimos que la mayoría tienen un alcance de alrededor de 30 km, con excepción de cohetes y misiles balísticos.

Como ejemplo, el nuevo Howitzer Paladin de 155 mm tiene un alcance de 30 km, el modelo anterior alcanzaba los 24 km. En cuanto a los cohetes, el nuevo MLRS (Multiple Launch Rocket System / Sistema de Cohetes de Lanzamiento Múltiple), operativo desde 1999, alcanza los 45 km, el modelo anterior alcanzaba los 32 km.

En cuanto a las armas aire-superficie, éstas dependen por un lado de la supervivencia de la plataforma (lo que analizaremos después al hablar de SEAD / CEDA), pero sobre todo, dependen de la información que les llegue sobre los blancos.

Dependen de los sensores en cuanto a las posibilidades de detectar y

localizar a los blancos, y dependen del tiempo que demande todo el proceso desde que se detectó el blanco hasta que lo puedan estar atacando: su CR. Ya vimos lo que sucedió en el Golfo con los lanzadores móviles de SCUD.

La tecnología de los sensores que acabamos de analizar, sumada a las posibilidades de supervivencia de las plataformas que los portaban, hicieron que los blancos de los tipos que estamos viendo, posibles de ser atacados, fuesen los ubicados hasta los 30 km, en donde la forma de batirlos, no por precisión, sino por área mediante la artillería, o por bombardeo aéreo con armas que tenían una mediana dispersión, toleraba la falta de precisión en la localización del blanco.

Mientras tanto, los blancos del km 31 en adelante para poder ser batidos tenían que tener una ventana de tiempo muy grande (ser una columna logística por ejemplo), o ser víctimas del azar como blancos de oportunidad.

Por eso, los blancos de la profundidad normalmente eran los clásicos de la interdicción aérea y no los sistemas de armas de las fuerzas terrestres, lo que les aseguraba a éstas ese santuario del km 31 del que hablábamos.

Así, ya podemos distinguir dos zonas de riesgos distintos para las fuerzas terrestres, una peligrosa, dentro de los 30 km de la línea de contacto con el enemigo, y otra de relativa seguridad a partir del km 31.

Con el advenimiento de las armas aire-superficie guiadas, ya con una efectividad aceptable (a partir de Vietnam), y la multiplicación y perfeccionamiento de las artillerías, esta diferencia de riesgos se hizo cada vez más marcada, y terminó de estimular la doctrina de la movilidad.

A esta diferencia también ayudó el problema de la coordinación de los fuegos de apoyo que antes mencionamos.

El **RESULTADO** fue la concepción soviética de los años 70 que después fue adoptada por NATO: todo el grueso de sus fuerzas en el seguro km 31, en condiciones de concentrarse y atacar con toda rapidez, avasallando a las fuerzas enemigas, sin darles tiempo a reaccionar (CR propio < CR enemigo). Muchos recordarán las especulaciones que se hacían en esa época de cuán profundamente entrarían en Alemania Occidental las Fuerzas Soviéticas antes que las tropas de NATO reaccionasen.

Esta concepción, y el continuo incremento en la movilidad de las fuerzas trajo como consecuencia que se fuese diluyendo el frente de combate, dejase de ser algo semiestático y continuo, y se transformase en algo móvil, en permanente modificación.

EL FIN DEL SANTUARIO

Lo que rescatamos del reciente análisis y su resultado es que **la limitación para atacar las fuerzas en la profundidad estaba dada**, no tanto por las armas, como **por la falta de información** sobre los blancos, y sobre todo, **por la demora excesiva** para recibirla.

Esta es la información que ahora se puede poseer, pero también la que se

puede **degradar**, la que se debe **proteger**.

Esto significa un cambio en la concepción de las operaciones de interdicción, ya que hasta antes de la guerra del Golfo se asumía que encontrar desde el aire a las fuerzas terrestres enemigas e infligirles la suficiente destrucción era una tarea muy difícil de concretar con éxito.

El problema estribaba en que no se podía disponer de medios adecuados para su detección; la conformación de la superficie terrestre hacía muy difícil la detección de las fuerzas utilizando radar (tipo SAR), y otro tanto sucedía para las operaciones nocturnas; por lo cual la detección y localización debía basarse en el ojo desnudo.

Pero como veremos, los avances tecnológicos de la década 80 modificaron completamente la situación, y comenzaron a hacer desaparecer ese "santuario" del km 31.

Los desarrollos se dieron especialmente en todo aquello que se relaciona con la información y su procesamiento, lo que permitió que se pudieran detectar y localizar los blancos en la profundidad dentro de su VTb, aunque fueran blancos fugaces.

Veamos un bosquejo de esos avances, ya que al tema lo trataremos en detalle cuando analicemos los Sistemas de C^2.

En primer lugar, los medios para obtener la información, los sensores, mejoraron su alcance, su discriminación y definición.

Los ópticos que captaban imágenes lograron desprenderse de la película emulsionable y sus limitaciones; primero fue la video grabadora que reemplazó a la filmadora, permitiendo transmitir hacia la retaguardia, donde se encontraban quienes tomaban las decisiones, las imágenes a medida que las iba captando. Asimismo, la disminución en peso y tamaño hizo posible su montaje en los VeNTri, lo que a su vez les dio un gran auge a éstos.

Otro tanto sucedió con la fotografía, primero analógica y luego digital, que dejó de necesitar la película como medio de soporte.

Simultáneamente, se logró una muy buena capacidad para procesar grandes cantidades de información en tiempo casi real y con dispositivos relativamente sencillos.

Utilizando algoritmos simples, se consiguió comprimir la información a transmitir, a la vez que se desarrollaban nuevas técnicas para aumentar la velocidad de transmisión. Todo esto basado en sistemas digitales, que mejoraron la calidad y por tanto la confiabilidad de la información.

Se hizo posible el desarrollo de sensores en la parte IR del espectro; y a igual que en el caso de la imagen óptica, el SLAR se liberó de la película, y recurriendo a la posibilidad de medir la variación del coseno de alfa (el ángulo relativo entre los desplazamientos de plataforma sensora y blanco), se transformó en el SAR, por ahora limitado a la entrega de información MTI (Movil Target Indicator / Indicador de Blancos Móviles), debido al cúmulo de datos que debe procesar.

Otro tanto sucedió con la inteligencia electrónica, en donde la capacidad de

proceso de datos permitió que los nuevos RWR tuviesen tanta o más capacidad que los primeros ELINT, sólo limitada por la componente sensibilidad del receptor – ganancia de antena.

Los SIGINT en sí adquirieron capacidad para lidiar con todas las emisiones en todo el eem, contando por supuesto con la capacidad para transmitir las informaciones hacia retaguardia.

Por su parte los países poderosos, especialmente USA, adquirieron una extraordinaria capacidad para el uso de satélites de reconocimiento y la transmisión de su información en tiempo real.

De esta forma ya se poseyó la capacidad para obtener la información y transmitirla.

El procesamiento de grandes cantidades de datos también fue factible a nivel toma de decisión, fusionando la información proveniente de distintos sensores, e integrándola con la de otros medios.

A esto ayudó la solución al problema de ubicación precisa de los blancos, la que se obtuvo gracias al GPS. Este permitió conocer, en un sistema de coordenadas absolutas, la posición precisa de las plataformas portadoras de los sensores, y mediante un algoritmo sencillo, transformar a las mismas coordenadas absolutas la ubicación de los blancos, normalmente obtenida mediante una dirección, una distancia y un ángulo de elevación/depresión referidos al sensor.

Disponer de la información sobre los blancos en la profundidad no sólo fue posible en los lugares de toma de decisión (puestos comando) de los niveles superiores, sino que la posibilidad de su distribución la hizo disponible, como dijimos con anterioridad, a nivel de plataforma, lo que permitió la “Situational Awareness”.

Esto llevó también, producto de las quejas en la guerra del Golfo, a que se desarrollara un nuevo concepto: el de “sensor-shooter” (sensor–tirador), en el que la información captada por el sensor es enviada directamente a quien va a atacar el blanco.

Con este concepto como base, y adecuando por supuesto la distancia relativa al blanco de la plataforma que lo atacará, se logró que todo el CR estuviese dentro de la VTb.

Un ejemplo: los SCUD móviles, que en la guerra del Golfo no pudieron ser cazados porque el CR de la Coalición era mayor que la VTb de esos SCUD. Como solución USA desarrolló la capacidad de que la información, captada por un sensor, de que se estaba erigiendo un lanzador, fuese enviada directamente a los F-15 que, para acortar su tiempo de reacción, esperaban en PAC al estilo defensa aérea.

A esta posibilidad de detectar y localizar blancos con exactitud, terminó de transformarla en una capacidad el advenimiento de las armas de precisión. Ya no fue más necesario batir el área del blanco, ya no se habló más de pasadas por blanco sino de blancos por pasada, y se puso de moda el concepto de “Puntos a Apuntar” por misión.

Y así fue que, siguiendo con la narración, los sistemas de armas de las fuerzas terrestres perdieron la supervivencia que les daba el ser blancos fugaces y en la profundidad, y comenzaron a ser presa fácil de los ataques aéreos.

El ejemplo: La madre de todas las batallas que quiso montar Hussein en Khafji.

Las fuerzas de la Coalición detectaron el movimiento de los blindados, cumplieron su CR dentro de la VTb (antes que los tanques alcanzaran Khafji), y convirtieron a la madre de las batallas en el padre de los desastres, tanto que las fuerzas de la Coalición definieron el efecto del ataque como "Tank Plinking" (hacer saltar los tanques).

"Plink" es el onomatopéyico del ruido que se producía al hacer saltar la tapita de las gaseosas. La USAF dijo que gracias a las nuevas tecnologías en sensores y en precisión, hicieron saltar a los tanques en la misma forma que a las tapitas.

De esa forma **desapareció el "santuario del km 31".**

LA PSEUDO ARTILLERÍA DE CAMPAÑA

Paralizadas de esta forma las fuerzas terrestres, sólo queda "despedazarle los puños hasta que diga basta". Y para explicar esto utilizaremos otro ejemplo de la guerra del Golfo.

Los "puños": las fuerzas terrestres, aunque paralizadas y descerebradas, seguían estando más allá del alcance de la propia artillería, por eso se recurrió a los B-52. Este bombardero estratégico por excelencia fue utilizado . . . como artillería de campaña, para ablandar a las fuerzas, para obligarlas a diluirse y sacarle las ganas de guerrear.

El resultado fue que, cuando el 24 de Enero las fuerzas terrestres de la Coalición comenzaron a avanzar, también lo hicieron las tropas iraquíes, para rendirse aunque era una guerra santa. Y como vimos antes, a falta de un enemigo humano bueno es un robot.

Y así las tropas de la Coalición, listas para batallar, tuvieron que enfrentar otro problema: como manejar la enorme cantidad de prisioneros.

Los Nuevos Conceptos

Después de todo lo que hemos analizado, vemos que fue esa posibilidad de **obtener información, procesarla, tomar la decisión y actuar dentro de la VTb** de los blancos fugaces en la profundidad del territorio enemigo, lo que cambió la forma de hacer la guerra.

Y también permitió que en USA se desarrollaran dos nuevos conceptos; el del ataque a las "Follow on Forces" (fuerzas que siguen) del USARMY y el del "Halt Phase" (fase de parar) de USAF, para aquellos casos en que es el enemigo el que invade.

Ambos conceptos son parecidos, y se basan en que si se puede detectar el ataque del enemigo a tiempo, (parecido a lo que pasó en Khafji), se lo puede paralizar, aprovechando los tiempos de reacción y alcances de los medios aéreos, así como su facilidad para llegar directamente al lugar donde deben atacar, salvando los obstáculos, sean las avanzadas enemigas o los accidentes geográficos, deteniendo o demorando su ofensiva (Halt Phase).

Donde los conceptos difieren es en el paso siguiente; según el USARMY, esta demora debe ser para permitirle reaccionar a las fuerzas terrestres propias, y desplazarse para atacar al grueso de las tropas que siguen (Follow on Forces) a las de avanzada, y separarlas de éstas, las que al quedar aisladas son fáciles de eliminar, o se anulan por si mismas, como en el ejemplo de la unidad de tanques egipcios en el Sinaí.

En cambio para USAF, son los medios aéreos los que siguen atacando, dándole al enemigo dos opciones: se vuelve, o muere en el lugar.

La posición intermedia es: que los medios aéreos detienen y diluyen a las fuerzas terrestres enemigas (las dislocan), y las fuerzas terrestres propias se encargan de eliminar a los bolsones de resistencia que quedan.

Volviendo al ataque en la profundidad del enemigo, esta forma de hacer la guerra presenta muy buenas ventajas respecto a la clásica guerra de avance secuencial de las tropas.

Primero y principal, el riesgo de fraticidio prácticamente desaparece, lográndose por lo tanto una gran libertad de acción; los medios aéreos que atacan no necesitan identificar fehacientemente a su blanco para asegurarse que no es propia tropa, ya que ésta está unos cuantos kilómetros más atrás. Asumiendo para esto que se posee una adecuada información sobre el emplazamiento de las propias fuerzas, conservándose permanentemente ese colchón de 30 km.

Lo que sí se conserva como riesgo, es el posible daño colateral, cuando la información no es correcta, como el caso del ataque en Kosovo a un camión con refugiados creyendo que era un transporte de tropas.

En la profundidad, cuando las fuerzas están en movimiento hacia el frente de combate, las armas no están solas, están acompañadas por todo el bagaje logístico-técnico que se necesita para poder realizar su emplazamiento; por ejemplo, una batería de cohetes del tipo MLRS, que consume 5,4 toneladas de munición por ráfaga, y puede lanzar una nueva a los 10/30 minutos, tiene que ser acompañada por varios camiones con la munición (5,4 Tn cada 30 minutos), más 1 ó 2 grúas, más un camión taller, más ..., más ....; todo al descubierto.

Uno no debe entusiasmarse con los folletos de los fabricantes, éstos sólo muestran en sus fotografías al arma emplazada, no enseñan todo el resto necesario para que el arma funcione, y que debe acompañarla.

Asimismo, cuando las fuerzas están en movimiento, no pueden defenderse como cuando están en posición, ya afianzadas, bien desplegadas y organizadas, y con una protección adecuada.

En Malvinas por ejemplo, una cosa fue atacar a los ingleses en pleno

desembarco, y otra una vez en posición en la cabeza de playa.

Otro tanto sucede en los lugares de reunión, si bien pueden organizar la defensa aérea del lugar previo a la reunión, el emplazamiento de ésta por sí ya da un aviso, además de que los medios reunidos producen blancos importantes, difíciles de ocultar, y con un gran movimiento a su alrededor.

En cambio, cuando las armas ya están en posición para el combate sucede lo inverso, y además, ya actúan sobre nosotros, nos están afectando, y están tan próximas a nuestras propias fuerzas, que los procedimientos deben ser completamente diferentes, y el control de todos los medios involucrados es sumamente complejo, y a veces caótico.

Pero para atacar en la profundidad del enemigo no nos tenemos que olvidar de una condición imprescindible, sin la cual todo lo dicho se esfuma y se torna irrealizable; y es que previamente se debe resolver el problema de la supervivencia de las plataformas aéreas, tanto las de reconocimiento como las de ataque.

Debemos lograr un adecuado ¨vuelo impune¨ para nuestras plataformas aéreas, y por supuesto, tenemos que negar esa impunidad a nuestro enemigo.

Todo Esto es una Utopía

Varios de los lectores sin duda estarán pensando que lo que acabamos de exponer es una utopía inalcanzable para países como los nuestros; que sólo USA puede hacerlo.

Ya que lo mencionamos, tomemos a USA como referencia. Cuando el Pentágono hablaba hace 4 ó 5 años, antes del boom del reconocimiento satelital en tiempo real, de las capacidades para realizar este tipo de operaciones, hacía referencia a una “triada” aeroportada para obtener la información necesaria:

- El AWACS (Airborne Warning and Control System / Sistema Aeroportado de Alerta y Control), para la detección de blancos aéreos.
- El J-STARS (Joint Surveillance Target Attack Radar System / Sistema de Radar Conjunto para la Vigilancia y Ataque de Blancos), para la detección de blancos terrestres.
- El Rivet Joint (SIGINT), para todos los blancos que emiten en el eem.

Miremos ahora hacia el sur, a Brasil. Dentro de su proyecto SIVAM (SIstema de Vigilancia da AMazonia) Brasil tiene previsto el empleo de:

- Cinco EMB-145 SA (de características similares al Phalcon/Condor de Chile), que no es el AWACS de USA o NATO. Es un AWACS-quito, pero cumple su función. Y además posee capacidad COMINT.
- Tres EMB-145 RS, que es un J-STARS-cito; pero que cumple su función.
- Y aunque Brasil no lo declare públicamente, sin duda ha de tener su Rivet Joint-cito, que también cumple su función.

Esto nos muestra que, aún cuando tomemos a USA como referencia, antes de mirar a todo lo expuesto como una utopía inalcanzable para países como los nuestros, tal vez nos resulte posible aguzar el ingenio y encontrar opciones válidas, reemplazando tecnología de punta por imaginación, encontrando la forma de lograr el acceso a la información aunque no tengamos la tecnología que posee USA. Es un buen desafío, que Brasil y otros ya han resuelto.

LOS SISTEMAS DE COMANDO Y CONTROL

Como antes dijimos, la gran disponibilidad de información hizo que ella misma se convirtiera en blanco, sobre todo en los lugares donde se concentra para procesarse, distribuirse y visualizarse.

Cerebro y Algo Más

Aún cuando hablamos de atacar a los sistemas de C^2 para descerebrar al enemigo, si recurrimos a la imagen del increíble Hulk del comienzo del trabajo, la que más gráficamente nos permite visualizar vulnerabilidades y efectos, podemos apreciar que para descerebrarlo podemos atacar otras cosas además del cerebro (puesto comando).

Si atacamos a los medios que obtienen la información (sensores), también estaremos actuando sobre el cerebro, pues éste nada puede procesar si no recibe la información que le brindan aquellos.

Igualmente, si afectamos al sistema nervioso (redes de comunicaciones para la distribución de la información), la información no podrá llegar al cerebro, o las órdenes a los puños (sistemas de armas), logrando el mismo efecto que si atacáramos el cerebro.

Al **descerebrar al enemigo** (anularle su C^2), éste queda prácticamente paralizado, y esta parálisis permite:

- **Quitarle las ganas de guerrear**.
- **Predisponerlo para su destrucción**, si no optó por rendirse.

Recordemos asimismo que no necesitamos destruir su cerebro, basta con afectarlo para que sus decisiones sean erróneas, o sean tardías (que su CR quede por fuera de nuestro CR).

Por lo tanto, podemos apreciar que se presentarán algunas situaciones en las que no será necesario utilizar munición explosiva (hard kill), ya que el efecto deseado se podrá lograr con otros medios (soft kill) que permiten alcanzar al cerebro más fácilmente.

Por supuesto, siempre tenemos que tener en cuenta que nunca está de más aprovechar la situación de indefensión que produce el ataque ¨soft¨ para hacerlo perdurable con un ataque ¨hard¨ acto seguido.

Los Múltiples Cerebros

En la estructura de las fuerzas, cada puesto comando, no importa el nivel, constituye un ¨cerebro¨; cada plataforma, sea avión, tanque, buque o sistema de armas, también posee su ¨cerebro¨.

Si los analizamos, vemos que todos estos sistemas basan su accionar en el mismo procedimiento: obtener información, procesarla para tomar decisiones, y transmitir esa decisión para transformarla en acción.

A nivel nacional o estratégico, los sistemas serán complejos y con participación de muchos elementos; sensores y comunicaciones por satélite, sensores en plataformas aéreas, grandes redes de comunicaciones, etc.

Al más bajo de los niveles, de un misil por ejemplo, éste sólo dispondrá de un único y simple sensor IR, y su ¨cerebro¨ sólo será capaz de distinguir la dirección de arribo de la señal del blanco, la que traducirá en órdenes que transmitirá a las aletas de control.

Pero todos ellos tienen en común que pueden ser atacados y degradados.

Esto nos muestra que el enemigo tiene un sinnúmero de ¨cerebros¨ (sistemas de C^2), que conforman **un blanco inmenso**, distribuido en todo el territorio y para el que valen las consideraciones hechas antes para las fuerzas terrestres; y también es un **blanco blando** por sus sensores y antenas de comunicaciones; al que le podemos hacer daño en cualquier lugar, un daño que normalmente, si está bien aplicado, repercute en todo el sistema y tiene un efecto multiplicador.

Y la gran ventaja que tenemos (nuestro enemigo también), es que, como recién dijimos, el daño en un principio lo podemos hacer desde lejos, utilizando el espectro electromagnético (soft kill), para inmediatamente completarlo duramente (hard kill). Pensemos en Iraq y los 30 primeros minutos de la guerra de 1991.

En la parte correspondiente al SEGUNDO ANALISIS veremos en detalle como están conformados estos sistemas de C^2.

LOS MEDIOS AEREOS

Ya vimos cuanto daño podemos hacer atacando a las fuerzas terrestres del enemigo en la profundidad para paralizarlas, y atacando a sus sistemas de C^2 para que no pueda tomar decisiones y así dejarlo a nuestra merced.

Pero nada de esto podremos hacer si no resolvemos dos problemas: los medios aéreos del enemigo, y sus defensas aéreas.

Si no logramos evitar que sus aviones vuelen para reconocimiento y para ataque al suelo, el enemigo nos hará a nosotros el daño que queremos hacerle a él.

Si no logramos evitar que su caza interceptora (CI) vuele, o que su defensa aérea a media y alta cota (luego veremos el porqué) sea inoperante, no podremos llegar a sus blancos en la profundidad (las fuerzas terrestres, los sistemas de C^2, los aeródromos, etc.), ni para detectarlos ni para producirles el nivel de daño que

pretendemos infligirles.

Cabe recordar que aunque a veces en este análisis hablamos de aviones, los conceptos son aplicables a todos los medios aéreos; helicópteros, VeNTri, misiles crucero, etc.

Veamos cómo podemos resolver el problema de los medios aéreos enemigos, sean de reconocimiento, de ataque, o de caza interceptora.

Una solución sería **atacar sus aeródromos** y cortar sus pistas al estilo clásico para que sus aviones no operen.

Esta alternativa demanda un gran esfuerzo e implica un posible alto régimen de pérdidas, ya que probablemente, para lograr el efecto deseado haya que penetrar en el santuario, por debajo de los 15 kft. Recordemos a los Tornado en la guerra del Golfo.

La solución es tirarle a las pistas por arriba de los 15 kft, pero nos enfrentamos con la imprecisión. Actualmente USAF está desarrollando munición guiada por GPS y con corrección por viento, etc. Por ahora tendremos que esperar a ver sus resultados.

Pero existe otro pero; las técnicas de reparación de pistas han avanzado al punto tal que en 2 ó 3 horas la pista nuevamente está operativa. A esto debemos agregar el Acuerdo logrado en la Convención de Ottawa sobre la no utilización de minas antipersonales, en las que se incluyen las bombas de negación de área tipo JP-233 o Beluga.

Otra posible solución es **atacar a los aviones dentro de su aeródromo.**

Para ello, además de contar con suficiente cantidad de munición antibunker, necesitamos resolver los problemas de:

- Información, para saber cuales son los refugios realmente ocupados.
- Lanzamiento del armamento por fuera del santuario. Recordemos los Tornado.
- Precisión; por la altura.
- Visualización del blanco, si utilizamos marcadores láser en tiempo adverso (recordemos Kosovo).

La tercera solución, que ya se comenzó a aplicar en la guerra del Golfo, se basa en el mismo principio que la primera (del corte de pistas) y es: **evitar que los aviones salgan de su aeródromo,** o, más precisamente, del volumen de **su santuario.**

Esta solución tiene su sustento en que el enemigo tome conciencia que el único procedimiento a seguir para sus misiones es: soltar frenos, rotar, guardar tren,. . . eyectarse.

Es decir, la solución consiste en el **derribo sistemático de todo avión enemigo que abandone su santuario.**

No implica riesgos, pues nuestros aviones no penetran el santuario, ni requiere armamento especial, el avión sigue siendo un blanco blando.

Lo que sí requiere es un muy buen sistema de comando y control, por lo

tanto un muy buen sistema de información, y muy buena capacidad para degradar los sensores y comunicaciones entre controlador terrestre y piloto del enemigo.

¿Cómo funciona esta solución?

Mediante aviones AWACS (puede servir un AWACS-quito) y otros medios se mantiene un perfecto control del posible movimiento aéreo enemigo. Apenas se detecta un decolaje (el J-STAR-cito los detecta en el carreteo), nuestro controlador en el AWACS-quito guía a la PAC propia para derribar al enemigo apenas salga de su santuario.

Al mismo tiempo, se interfieren las comunicaciones controlador-piloto enemigos, para negarles toda posibilidad de defensa.

Si buscamos en la historia, esto es lo que hicieron los Israelíes con los aviones sirios en la guerra del valle de la Bekaa en 1982. Derribaron a todos los aviones sirios apenas éstos cruzaban la frontera (el santuario), sin perder un solo avión israelí.

Y esta es la razón por la que, en la guerra del Golfo, **la cuarta fuerza aérea del mundo no existió.**

En resumen, vimos que para poder accionar más allá del km 31 se necesita:

- Detectar y localizar los blancos; para ello se dispone de satélites o plataformas aéreas de reconocimiento.
- Poseer medios de ataque que lleguen hasta esos blancos; y éstos son misiles balísticos superficie-superficie o plataformas aéreas.

Salvo los países poderosos, el resto sólo puede basarse en plataformas aéreas, ya que como vimos antes, el acceso a los satélites no es sencillo, y los misiles balísticos son escasos y costosos.

Por eso, **si logramos que los aviones del enemigo no abandonen su santuario:**

- Estamos asegurando la **supervivencia** de todos nuestros **sistemas y medios terrestres en la profundidad** de nuestro territorio (fuerzas terrestres, sistemas de C^2, aeródromos, etc.), ya que sólo podrá atacarnos con sus armas terrestres hasta el km 30, y focalmente con sus cohetes, y tal vez misiles balísticos, algunos kilómetros más allá.
- Estamos tendiendo a asegurar la **supervivencia** de nuestros **medios aéreos**, tanto los de reconocimiento como los de ataque, al impedir que la caza interceptora enemiga pueda actuar. Aunque para lograr la supervivencia total, debemos eliminar también sus defensas aéreas.
- Pero lo más importante, **el enemigo no tendrá capacidad para tomar decisiones** correctas y oportunas, pues le estaremos negando la información esencial para poder hacer la guerra, ya que no tendrá sensores con alcance suficiente al no poder mover sus plataformas.

No debemos olvidar que ésta es una confrontación en donde los contendientes utilizan la dualidad degradar/proteger, por lo tanto cuando nosotros intentamos hacer lo recién descrito, el enemigo procurará (y nosotros debemos

también hacerlo en la situación inversa), evitar que lo confinemos a sus santuarios, y al mismo tiempo tratará de que nosotros no podamos salir de nuestros santuarios.

Para tratar de analizar el tema debemos hacer algunas consideraciones. Antes se hablaba de superioridad aérea, luego de supremacía aérea, y ahora de vuelo impune, ¿cuál es la diferencia?.

En las guerras anteriores, el objetivo de los medios aéreos era la superioridad aérea, importante para las fuerzas de superficie, ya que lograda ésta, los medios terrestres (o navales) disponían de la necesaria libertad para desarrollar sus operaciones sin la amenaza desde el aire.

Podemos decir que la finalidad de la superioridad aérea era permitir las operaciones terrestres (navales).

Ahora, cuando se procura el vuelo impune, su objetivo es permitir las operaciones aéreas de ataque a los blancos en la profundidad.

Esta diferencia está dada en que, como ya vimos, lo que se busca no es atacar a las fuerzas en contacto, sino a las fuerzas más allá del km 31.

Y también hay una diferencia en el tipo de avión que se utiliza para lograr el vuelo impune/superioridad aérea.

Antes la superioridad aérea se lograba con aviones de ataque al suelo, de bombardeo, cortando pistas, destruyendo los aviones dentro de los aeródromos, dentro de los refugios. Ahora el avión que se utiliza para lograr el vuelo impune es el caza interceptor, que como vimos, ataca a todo aquel enemigo que se atreve a dejar su santuario.

Si tomamos los viejos conceptos como referencia, lo que el caza interceptor ahora hace es una mezcla de superioridad aérea, defensa aérea indirecta, y defensa aérea directa; ya que cumple estas tres operaciones fusionadas en una sola, derribando a todo tipo de enemigo en la puerta de sus santuarios.

Para comprender a que se debe esto, tomemos como referencia la defensa aérea clásica con CI.

En este tipo de operaciones, partiendo de los OOMM (Objetivos Materiales) a defender se trazaban las típicas líneas de defensa, y en función de ellas sucesivamente se emplazaba la caza y los radares de alerta y control.

La tecnología ha permitido que sea relativamente sencillo y barato hacer que el radar de alerta y control sea aeroportado (AWACS / AEW del tipo EMB 145 SA).

Si además la CI tiene capacidad de reabastecimiento en vuelo, ya no hay por que esperar a los atacantes basados en la LIM (línea de intercepción mínima), y ambos, el AEW y la caza pueden ir a la profundidad del territorio enemigo y esperarlo a la salida de sus santuarios.

Pero se les debe asegurar la supervivencia, tanto a la caza como al AEW, sobre todo a éste, ya que recordando al increíble Hulk, si derriban al AEW (el cerebro) poco pueden hacer los caza interceptores (los puños) por si solos.

La forma de lograr esa supervivencia es mediante el vuelo impune, y para

ello se necesita degradar a la defensa aérea (basta, como veremos en el capítulo siguiente, con las cotas media y alta), y degradar a los sistemas de C^2 (cerebros) de la aviación enemiga, para que no sepa qué es lo que está pasando, para que no pueda utilizar adecuadamente a su propia caza interceptora.

De esta forma la CI puede penetrar hasta los santuarios, y asegurar el vuelo impune a los otros medios aéreos que atacarán al resto de los blancos en la profundidad del territorio enemigo.

En cuanto al AEW y los otros medios necesarios para asegurar tanto la operación de la caza como del resto de los aviones, sus alturas de vuelo y sus distancias a los santuarios enemigos (150 a 200 millas náuticas) les incrementa su supervivencia.

Si volvemos a la primera media hora de la guerra del Golfo, vemos que esto es lo que hizo la Coalición; atacó simultáneamente a los medios terrestres de la defensa aérea y a los centros de C^2 de la aviación enemiga y de la defensa aérea; con esto las paralizó, y pudo hacer que su caza interceptora volara impunemente hasta la proximidad de los santuarios iraquíes.

Y así, como ya dijimos antes, la cuarta fuerza aérea del mundo no existió, aunque no fue destruida.

Pero debemos ser cautos, ya que en esa guerra hubo una gran desproporción de medios, y sobre todo de forma de pensar, entre la Coalición e Iraq, a lo que se agregó la sorpresa, ya que por primera vez se aplicaba esta forma de guerrear.

La misma desproporción existió en Kosovo, en donde lo único que pudo utilizar Serbia para tratar de hacer algo de daño a la NATO fue su defensa aérea, además de desquitarse con los Albano-Kosovares.

Por eso queda la duda de qué pasará cuando se enfrenten contendientes similares.

Mientras tanto, para concretar esta nueva forma de emplear los medios aéreos y guerrear, nos queda por resolver la amenaza que presentan las armas S-A (superficie-aire).

LA DEFENSA AEREA

En el siguiente análisis consideraremos todo lo que forma parte de un sistema de defensa aérea, excepto la caza interceptora, a la que ya tratamos en el capítulo anterior, a fin de concentrarnos en el problema de las armas S-A (superficie – aire).

Estructura de un Sistema de Defensa Aérea

Los sistemas de defensa aérea son los más antiguos de los sistemas de C^2 conformados como se los concibe actualmente; son anteriores al acuñado del término C^2, y ya entonces aplicaban el concepto de CR propio < CR enemigo; ya

que todo el proceso, desde que detectaban al avión incursor hasta que lo derribaban, debía producirse antes de que éste lanzara sus bombas.

El sistema de defensa aérea, visto como C^2 está conformado por:

- El sistema de información, que comprende:
  - La obtención de la información (imagen de la situación aérea); utilizando sensores que den una alerta temprana. Normalmente constituidos por:
    - Radares de largo alcance (de alerta temprana).
    - Radares aeroportados (AWACS – AEW).
    - Radares complementarios para asegurar el cubrimiento (gap filler).
    - Equipos ELINT en tierra (a veces complementados por COMINT).
    - Sensores IR en tierra (especialmente contra helicópteros).
    - Los sensores propios de las armas S-A (sean cañones o misiles).
  - El procesamiento de la información; realizado en los CIC (Centros de Información y Control) y los Centros de Defensa Antiaérea.
  - La integración de la información correspondiente a fuerzas propias y amigas.
  - La distribución de la información a todas las armas S-A.
- El sistema de toma de decisión, que asignará los blancos.
- El sistema de armas; compuesto por la caza interceptora y las armas S-A.

Características a Tener en Cuenta Cuando Analizamos las Armas S-A

Entre otros, hay dos aspectos que nos interesa conocer de las armas S-A: el cubrimiento de sus sensores, y la envolvente de sus armas, sean cañones o misiles.

LOS SENSORES

Los sensores propios de las armas, en su variante más compleja comprenderán:

- Un radar de vigilancia para la adquisición de los blancos.
- Un radar de seguimiento o iluminación, para el apuntado de los cañones o el guiado de los misiles.
- Un sensor IR para detectar a los blancos en forma pasiva (sin emitir).
- Un sensor EO, tipo TV o video.

Asimismo, podrán poseer un iluminador laser y señales de guía para los misiles, utilizando diferentes técnicas.

Debemos distinguir entre los sensores activos: los radares, y los sensores pasivos: IR, EO; ya que los primeros son los que nos permitirán, gracias a que deben emitir para operar, que podamos detectar y localizar al arma S-A.

Si el arma utiliza sólo sensores pasivos, sea por diseño, sea por precaución para evitar justamente ser detectado; debemos recurrir a otros artilugios para detectarla; podemos hacerlo a través del COMINT, si por algún motivo se comunica con el CIC u otra unidad, o, aunque más difícil, tratando de captar cualquier otra evidencia que indique su presencia.

Pasando a considerar los cubrimientos de los sensores, normalmente el de radar será el de mayor alcance, ya que estará diseñado para captar los ecos de sus blancos a una distancia tal que le permita usar sus armas a la máxima distancia de sus envolventes (a la envolvente se le debe sumar el tiempo de reacción en función de la velocidad del blanco).

Los sensores pasivos en cambio, sólo tienen un alcance efectivo de 4 ó 5 km, a veces hasta 10 km, lo que los hace inadecuados o limitados para ser empleados con las armas de mediano y largo alcance.

Por eso es importante, como veremos luego, negarle a las armas S-A el uso de sus radares, ya que no importa cual sea la envolvente de sus armas, sólo las podrá emplear dentro del alcance de sus sensores pasivos.

LAS ARMAS

La envolvente de las armas es lo que realmente nos indicará el volumen de NO-VUELO si queremos supervivir.

Para el caso de los misiles, es interesante si se puede lograr la envolvente en función de las G (fuerza de gravedad) que puede tirar el misil, ya que la envolvente que nos interesa, siempre y cuando detectemos el lanzamiento, es la de 3 ó 4 G, puesto que con G menores resulta fácil esquivarlo si lo enfrentamos, ya que, recordemos, las G que deberemos tirar serán iguales a la raíz cuadrada de las G que puede tirar el misil.

El Mapa de Cubrimientos y Envolventes

Si podemos hacer un relevamiento de los emisores radar del enemigo, podremos hacer una integración de sus cubrimientos; y si lo hacemos tomando también en cuenta la orografía del terreno, lograremos tener un mapa de esos cubrimientos.

A este mapa lo podremos graficar para distintos niveles de vuelo, y así conformar posibles corredores de penetración que nos permitirán acercarnos a nuestros blancos sin ser detectados; o nos indicará, como fue el caso de los 2 radares de alerta temprana que atacaron los 8 Apaches en la guerra del Golfo el día D a la hora H, cual es el radar que debemos eliminar o degradar para asegurar la penetración.

Otro tanto se puede hacer con las envolventes de las armas, lo que nos

permitirá fijar los perfiles y el nivel de vuelo mínimo de seguridad para cada punto en el terreno.

Como vemos, esto nos resulta de gran utilidad para el planeamiento de nuestras misiones, dándonos la posibilidad de asegurar sorpresa y supervivencia.

También vemos que para poder lograr esto se necesita muchísimo trabajo, ya que es mucho lo que se debe analizar y procesar para concretar la información que necesitamos. Pero, si lo consideramos, gran parte de ese trabajo debe hacerse durante la paz, para que en el momento de iniciarse el conflicto, lo único a hacer es localizar a los emisores amenaza e introducir sus coordenadas en el sistema.

De esa forma estos mapas de cubrimientos y envolventes nos indicarán: que eliminar, que degradar, que evitar.

Agrupamiento de las Amenazas por Cotas

Como sabemos, no todos los sistemas de armas S-A tienen un mismo alcance, sobre todo en altura, por eso para su análisis agruparemos primero a las armas por sus alcances en altura.

Podemos definir un primer grupo integrado tanto por cañones como por los misiles de corto alcance de todo tipo, desde el que se lanza desde el hombro y usa un sensor IR para su guiado, hasta el más sofisticado y complejo que utiliza dos radares, uno para adquisición y otro para seguimiento y guiado, pero cuyos misiles no superan los 15 kft.

Podemos individualizar otro grupo con los de mediano alcance, hasta 30 kft; y un tercero con los que superan esos 30 kft, los de largo alcance.

Para estos agrupamientos, los valores de cotas o alcances son los dados por el vector misil, no por sus sensores, que por lógica tendrán un cubrimiento mayor.

PELIGRO Y DESCONTROL DEBAJO DE LOS 15.000 PIES

El primero de estos agrupamientos, el de cañones y misiles hasta 15 kft, es actualmente el más peligroso y letal, no por efectividad, sino por cantidad.

Hace unos años, el procedimiento a aplicar para esquivar estas amenazas era el vuelo a bajísima cota, tratando de volar por debajo de los cubrimientos de los radares, con la esperanza que, cuando fuera detectado, la VTb fuese tan breve que no diese tiempo a reaccionar al sistema de armas del enemigo (CR propio < CR enemigo).

Esto llevó a que se elaboraran tablas y gráficos que establecían alturas y velocidades de vuelo según las características del terreno, y finalmente, que se desarrollara un radar especialmente diseñado para seguimiento del terreno y distintos sistemas de navegación para volar pegados al suelo (NOE - Nap Of the Earth).

Esa época también fue la del auge en el desarrollo de CME para degradar a los sensores de las armas y confundir a los misiles.

Pero hubo una gran proliferación de los sistemas de armas S-A, en particular los de lanzamiento desde el hombro, sencillos, baratos, y sobre todo, con sensores pasivos; por lo que para detectarlos hubo que montar en las plataformas aéreas sensores que captaran el fogonazo del lanzamiento o el desplazamiento del misil, o la iluminación por un láser cuando el arma lo utiliza.

Esto hizo que para que un avión tuviese alguna probabilidad de supervivir, tenía que colgar de sus estaciones equipos de contramedidas en lugar de armamento.

Pero las amenazas S-A siguieron aumentando, y en el caso de los AMEBA, a las armas del enemigo también hay que agregar las propias con su riesgo de fraticidio.

La conclusión a la que se llegó para la época del Golfo fue que, salvo que hubiese una real necesidad, no se debía bajar de los 15 kft.

De esta forma se solucionó el problema en forma expeditiva, pues no importa la cantidad y letalidad de las armas S-A de corto alcance, éstas no llegan a la cota de vuelo.

Un ejemplo nuestro: en Malvinas, a veces los Harrier cuando iban de regreso a los portaaviones pasaban sobre la vertical de Puerto Argentino, practicando intercepciones entre ellos, a 20 kft, ante la mirada impotente de los artilleros argentinos.

Por supuesto, para aplicar esta solución se deben desarrollar armamentos y procedimientos que permitan el lanzamiento con suficiente precisión desde arriba de los 15 kft, sin limitaciones por viento o nubosidad.

MISILES DE COTAS MEDIA Y ALTA

Estos tipos de misiles son complejos y costosos, y por lo tanto escasos.

Si se grafican los mapas de cubrimientos y envolventes superiores a los 15 kft, veremos que los sistemas de armas S-A (ya sólo misiles) forman burbujas aisladas de mayor o menor dimensión, con mucho espacio libre (seguro) entre ellas. Más alto nos vamos, menos burbujas hay.

Por ahora, hasta tanto se simplifiquen y abaraten, su escasez hace factible su degradación y eliminación, a lo que contribuye el que necesitan usar radares para su operación, ya que al menos por ahora, los sensores pasivos no tienen el alcance suficiente.

El hecho que necesiten radares los hace vulnerables, ya que se los puede detectar y localizar, es más, se puede utilizar su radiación como guía para eliminarlos mediante misiles anti radiación (ARM – Anti Radiation Missile).

Como ya dijimos, los sensores pasivos no tienen el alcance suficiente, lo que permite degradar al arma S-A con sólo degradar su radar.

Aún cuando se ha experimentado con señuelos, radares biestáticos y otras opciones, hasta ahora la única alternativa que tiene el operador para hacer que su radar, y por lo tanto el arma que controla, superviva, es apagarlo.

Al apagar el radar, el operador indirectamente colabora con su enemigo, pues se autodegrada. Es lo que sucedió masivamente en la guerra del Golfo; para la noche del primer día de guerra prácticamente no había actividad radar iraquí, salvo en forma espurea; no porque hubiesen sido destruidos, sino porque los operadores los mantenían apagados, lo que era lo mismo que si estuvieran destruidos.

Los iraquíes habían tomado conciencia de que radar prendido era radar destruido.

Por supuesto, esta experiencia llevó a que los responsables de la defensa aérea desarrollasen otras alternativas para continuar operando.

Hasta hace poco, cada arma S-A se las tenía que arreglar con sus propios sensores; pero la tecnología de los 80 – 90 permitió que el arma recibiese información proveniente de otros sensores remotos, lo que le permitía tener más clara la situación (de aquí el ¨situational awareness¨ y el ¨network centric¨).

El resultado es que un arma puede tirar sin usar sus sensores, basándose en la información que transmiten desde otros sensores.

Aparentemente los serbios aplicaron estos nuevos procedimientos, desarrollados por Rusia, para preservar su defensa aérea a media cota; y es lo que algunos utilizan para explicar el derribo del F-117 sobre Kosovo.

El Vuelo Impune

Por lo que hemos visto hasta acá, si logramos desarrollar capacidades para atacar blancos terrestres sin bajar de los 15 kft, especialmente en las zonas de los AMEBA y los santuarios del enemigo, podemos despreocuparnos e ignorar a todas las armas S-A que no superan esa cota.

Asimismo, salvo la situación particular de algunos aviones y los helicópteros que por necesidad deberán operar debajo de los 15 kft, podremos reconfigurar al resto de nuestros aviones, proveyéndolos de la protección necesaria para sobrevivir a las amenazas S-A de media y alta cota y a la caza interceptora enemiga.

Si logramos eliminar o degradar a esta categoría de armas S-A, sólo nos quedará como amenaza la caza interceptora, y si desarrollamos capacidades adecuadas que nos permitan llegar con nuestra propia caza interceptora a las proximidades de los santuarios del enemigo, podremos hacer que esta amenaza también desaparezca.

Al mismo tiempo aprovecharemos para anularle también la capacidad de C^2 de sus medios aéreos.

Así conseguiremos el vuelo impune que permitirá a nuestros aviones atacar tanto a las fuerzas terrestres enemigas en la profundidad como al resto de los blancos, y así ir definiendo la guerra.

Esto fue lo que hizo la Coalición, y nos explica por qué el régimen de pérdidas de su aviación fue tan impresionantemente bajo.

LA INFRAESTRUCTURA DEL ESTADO

Al tratar a los componentes de la infraestructura del Estado como blancos se los debe considerar bajo distintos aspectos.

Sobre estos blancos no está interesado sólo el enemigo clásico militar, sino que existe toda una panoplia de posibles agresores, desde grupos terroristas hasta individuos que pretenden lograr notoriedad (a través del ataque tipo hacker), pasando por grupos políticos, religiosos, etc.

En el campo militar específico, podemos agrupar a estos blancos en dos categorías:

- Aquellos que sirven al desarrollo de la guerra en sí, por ejemplo la energía eléctrica, la que fue atacada por USA tanto en el Golfo como en Kosovo; o los servicios de telecomunicaciones, ya que por ellos circula gran parte del tráfico militar; es más, la telefonía celular es un muy buen sistema de radio, confiable, sin riesgos de interferencia mutua, y más seguro que el clásico HF. Un ejemplo: los serbios en Kosovo hicieron un uso intensivo de estos sistemas.
- Un conjunto de nuevos blancos, que aunque no son una capacidad de combate del enemigo, pueden ayudar a decidir la guerra si son atacados; son los edificios gubernamentales, en donde el blanco es el poder de decisión, o los organismos que pueden presionar sobre aquel.

USA encaró, al menos públicamente, el aspecto protección, elaborando en 1998 una directiva presidencial que establecía la ¨Infra Protection¨, involucrando a todos los organismos, empresas, etc. que pudiesen tener algo que ver con este nuevo conjunto de blancos.

Si hay blancos, no se puede considerar sólo el aspecto ¨protección¨; también se debe analizar todo lo atinente a su ¨degradación¨, ya que son los dos aspectos que balancean la guerra.

Todavía hay muy poco definido o concreto al respecto, quedando todo librado a la imaginación e ingenio de los posibles involucrados; una demostración de ello fue el ataque a las torres gemelas de Nueva York.

RESUMEN DE LOS BLANCOS A ATACAR

Ya no es necesario esperar a que las fuerzas terrestres enemigas entren en contacto para atacarlas. Se dispone de los medios para detectarlas y localizarlas en la profundidad, y se dispone de los medios (plataformas y precisión) para atacarlas, también en la profundidad del territorio enemigo.

Ya no es necesario esperar a que los aviones enemigos crucen a nuestro territorio para rechazarlos o derribarlos (defensa aérea); se los puede ir a buscar a sus santuarios.

Para hacer la guerra el enemigo necesita saber qué está pasando, para eso

necesita información. Se poseen los medios para negarle esa información; para localizar los lugares y medios que utiliza para obtener, procesar, y distribuir la información, y se poseen los medios para atacarlos.

Para realizar todas estas operaciones se necesita lograr el vuelo impune. Se poseen los medios para localizar los emplazamientos de radares y armas S-A, y se poseen los medios para atacarlos, así como para evitar que la caza interceptora salga de sus santuarios.

Para sacarle al enemigo las ganas de guerrear se poseen los medios, tanto para localizar como para atacar con precisión y eficiencia elementos claves de su infraestructura.

Y como vimos, para inclinar la guerra a nuestro favor, lo primero a atacar y degradar será:

- Los sistemas de C^2 aéreo y de defensa aérea.
- Los sensores de la defensa aérea a media y alta cota.

Todo esto nos muestra que ya no es más necesario ocupar territorios para que el enemigo se rinda.

Como consecuencia, la **guerra** que antes estaba basada en la masa de las fuerzas (era masa - intensiva), ahora se ha tornado **información - intensiva**, **aéreo – intensiva**, y para USA **espacio – intensiva**.

SEGUNDO ANALISIS

LA INFORMACION
(EL BLANCO)

A DEGRADAR / PROTEGER

PARTE I

EMITIR / CAPTAR / DEGRADAR

El producido del Primer Análisis (Partes I y II) nos demuestra que la base, el fundamento sobre el que se apoya la nueva forma de hacer la guerra es la información.

Información que estará referida a tres componentes:

- El enemigo
- Nuestras propias fuerzas
- El ambiente involucrado

Y que tendremos que obtener recurriendo a todo tipo de medios, a los que podemos agrupar arbitrariamente para su consideración, según la información que brindan sea sobre:

- Los tres componentes; utilizando:
  - Sensores.
  - Imágenes de la tierra.
- El enemigo en forma específica, mediante:
  - Penetración subrepticia en sus sistemas de comunicaciones y de transmisión de datos, tanto radio como líneas físicas.
  - Penetración subrepticia en sus bases de datos.
- Las propias fuerzas, utilizando:
  - Bases de datos propias
  - Informes de estado, etc. provistos por nuestras fuerzas
- El enemigo en particular, y el ambiente en general; recurriendo a otras fuentes distintas de sensores, por ejemplo:
  - Personal de reconocimiento
  - Espías
  - Defectores
  - Documentación
  - Medios de información pública
  - Terceros países
  - Etc.

Salvo estas últimas fuentes de obtención de información, todas las otras harán un uso intensivo de sensores y sistemas de comunicaciones.

En el Primer Análisis también vimos como, si a ese ¨increible Hulk¨ se le afecta el cerebro (centros de C^2) y los sistemas sensorial (sensores) y neuronal (comunicaciones), se transforma en un cuerpo inerme, sin capacidad de actuar.

Para apoyar ese concepto, en este SEGUNDO ANALISIS veremos como

están conformados esos sistemas; haremos un estudio de todo aquello que constituye el Sistema de C^2, para poder identificar todos y cada uno de los elementos sobre los que podremos actuar, (siguiendo con la comparación, como un digitopunturista), para transformar a nuestro enemigo, como acabamos de decir, en un enorme cuerpo inerme, listo para ser despedazado si todavía no se convenció de que lo que más le conviene es rendirse.

LOS CICLOS DE REACCION

Al considerar todos estos aspectos, debemos realizar un análisis lo más lógico posible para poder determinar qué degradar, y por oposición, qué proteger (lo que fue nuestra primera pre-conclusión).

Para ello debemos analizar en detalle todo lo que interviene y constituye el CR. De esta forma uno podrá apreciar en donde debe actuar para producirle daño al enemigo, e incluso evaluar cómo un determinado daño puede producir un efecto cascada, como con las fichas de dominó.

Para realizar el análisis, podemos efectuar una primera división del CR en dos partes:

- Todo el proceso, desde que los sensores captan la situación, hasta que los sistemas de armas reciben la orden para realizar una acción, con el objetivo de cambiar esa situación (todo lo que comprende el Sistema de C^2).
- La acción en sí, llevada a cabo por los sistemas de armas.

Para poder concentrarnos en nuestro problema, en el siguiente análisis no consideraremos la parte del CR correspondiente a la ¨acción¨ del sistema de armas, desde que recibe la orden de misión hasta que la cumple; a pesar que el CR depende grandemente, por ejemplo, de la velocidad de la plataforma. Recordemos que en 30 segundos, un avión recorre 8,5 km, un helicóptero 3 km, y un tanque 500 metros.

Necesitamos no involucrar directamente esos tiempos, aunque sí los recordaremos. De esta forma podremos concentrarnos en nuestro objetivo, que es degradar (proteger-optimizar) la capacidad de tomar decisiones correctas y oportunas; es por eso que nuestro análisis termina con la recepción de la orden de misión por parte del sistema de armas.

Siguiendo con este criterio, cuando lo que vamos a degradar es la información y toma de decisión a nivel de plataforma, por ejemplo un avión que debe encontrar su blanco para atacarlo, nuestro análisis termina en el momento del lanzamiento del arma.

Igualmente, el tercer nivel (el más inferior) en el que actuaremos, es el sistema de información propio del arma en sí, por ejemplo, el sensor y el sistema de guiado de un misil, o el sensor electromagnético de su espoleta.

Cada uno de estos niveles tiene su propio CR, anidados todos unos en otros.

Asimismo, los tiempos que deberemos imponer a ¨nuestros¨ CR dependerán de los tiempos que insume nuestro enemigo para ¨sus¨ CR.

En los niveles superiores de decisión, esos tiempos estarán fijados por lo que demanda todo el proceso para la toma de decisión, por oposición a los tiempos que emplea el enemigo; en los niveles inferiores, los tiempos están determinados por la ¨ventana del blanco¨, es decir, el tiempo durante el cual el blanco está expuesto para ser atacado.

Si consideramos todos los elementos que participan secuencialmente en esta parte del CR, el primero que interviene está constituido por los ¨**SENSORES¨,** que nos van a permitir captar todo lo que está sucediendo.

A continuación, muchas veces el sensor por si mismo realizará un primer ¨**procesamiento**¨ de los datos captados para comenzar a convertirlos en información. En otros casos será la plataforma portadora la que realizará este primer procesamiento.

El paso siguiente será la ¨**transmisión**¨ de la información desde el sensor o su plataforma hasta un lugar, normalmente en tierra, donde se realizará la ¨**fusión**¨ de esta información con la correspondiente a otros sensores.

La transmisión puede hacerse directamente, o a través de una plataforma retransmisora.

Además de la información proveniente de los sensores, existe otra que tiene su origen en distintas fuentes, por ejemplo la de los estados de la propia fuerza, introducidos desde cada emplazamiento de las unidades; o la posición, estado de cumplimiento de la misión, y otros datos de la plataforma; así como otra información ya contenida en bases de datos.

Esto demanda un proceso de ¨**integración**¨ de la información, no importa cual sea su origen.

Toda esa información integrada constituirá la ¨**SITUACION**¨, la que se deberá ¨**distribuir**¨ a todos aquellos a los que le es necesaria.

De esta forma, todos los que deben tomar decisiones, no importa cual sea su nivel, desde el responsable máximo de la guerra, por ejemplo el Consejo de Seguridad de UN (Naciones Unidas) hasta el jefe de un pelotón de infantería, poseerán la información necesaria para que las decisiones que tomen sean correctas y oportunas.

Aún cuando no hemos mencionado el ¨**análisis**¨ en forma específica, éste está incorporado a cada etapa, en especial las de fusión e integración.

A esta primera parte del proceso en el CR se lo puede denominar ¨**SISTEMA DE INFORMACION¨;** comienza en la captación por los sensores, y termina en la presentación de la ¨Situación¨.

Esto hemos tratado de representarlo en el gráfico 7, donde mostramos el Ciclo de Reacción, y como lo podemos dividir en dos para su estudio, un Sistema de Comando y Control (C^2) y un Sistema de Armas.

Y a ese Sistema de C^2 a su vez lo hemos subdividido en un Sistema de Información y en un Sistema de Toma de Decisión. Otra vez lo hacemos con el

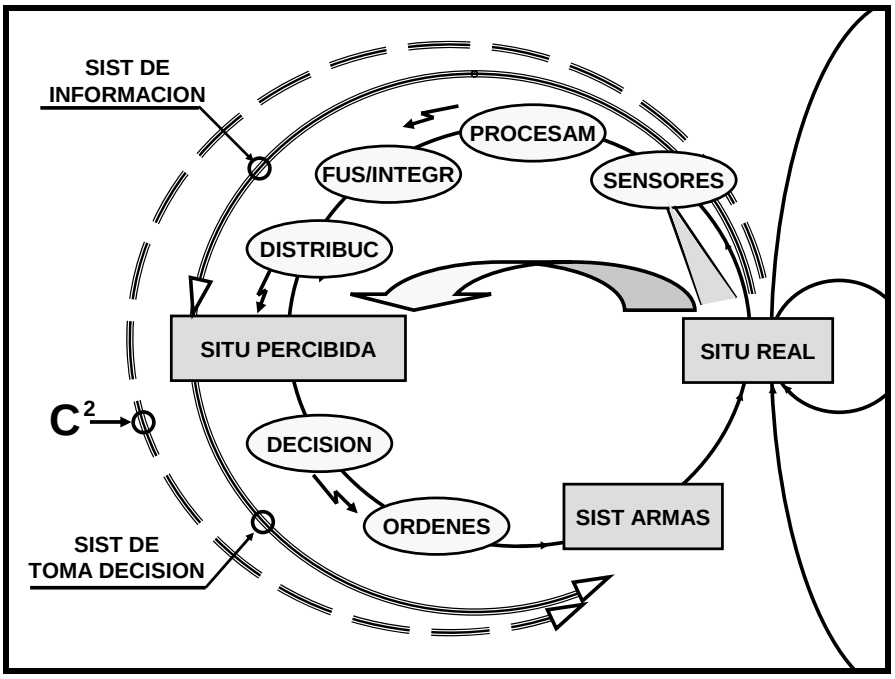

GRAFICO 7 – Los distintos componentes del Sistema de Comando y Control

Sistema de Información, el que, como acabamos de ver, estará conformado por Sensores, Transmisión de datos o información, Procesamiento, Fusión e Integración, Distribución, y Presentación de la Situación a quienes tienen que tomar decisiones.

La etapa siguiente estará plasmada en el ¨**SISTEMA DE TOMA DE DECISION**¨.

Este Sistema tomará como base a la ¨**SITUACION**¨, la que estará constituída por la integración de tres situaciones: la **propia**, la del **enemigo**, y la del **ambiente**; y sobre esa referencia realizará su análisis y elaborará los modos de acción.

Para ello recurrirá a toda una serie de ayudas, que podemos discriminar en dos grandes áreas:

- Un **Sistema de Manejo Acertado de la Situación**: constituido por todas aquellas herramientas, programas, etc. que aseguren que la situación que se presenta a quienes toman las decisiones es presentada en una forma digerible, fácil de interpretar, y sobre todo que asegure que lo que se aprecia es **CORRECTO**.
  Las herramientas, programas, etc. del **Sistema de Toma de Decisión**

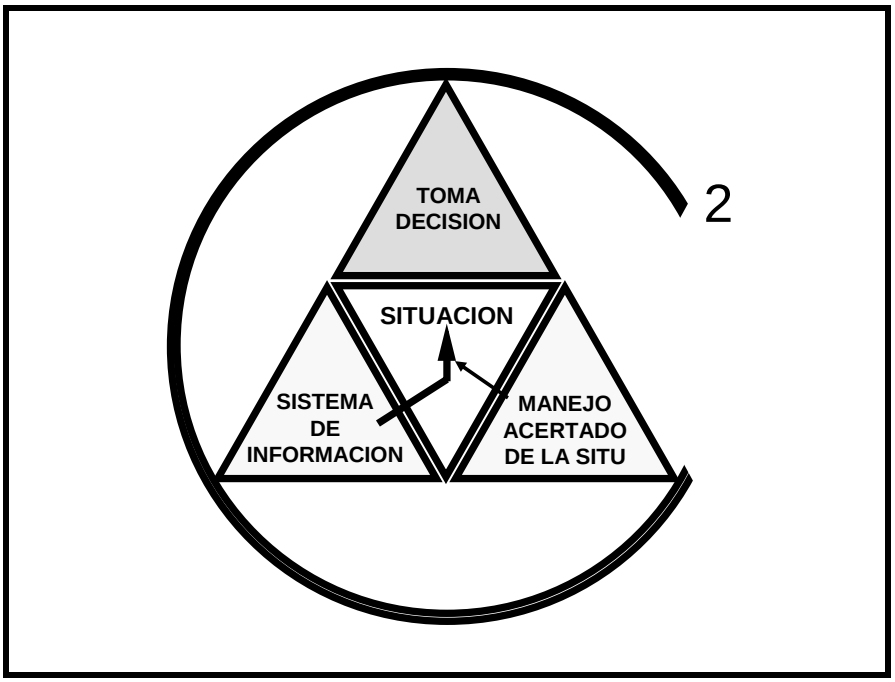

GRAFICO 8 – Lo que se necesita para que la DECISION sea CORRECTA Y OPORTUNA

en sí, que permitan la elaboración y evaluación de los modos de acción, y que estarán complementados por otras herramientas, normalmente constituidas por ¨modelos¨, basados en experiencias anteriores, pruebas o ejercicios, y ya incorporados en las bases de datos; por ejemplo, modelos de los sistemas de armas que constituyen amenazas, de los resultados obtenidos ante una situación similar planteada en un ejercicio, o del resultado logrado en conflictos anteriores, etc.

Esto facilitará la elección del mejor modo de acción ante cada situación planteada, el planeamiento de las operaciones necesarias, y la impartición de las órdenes de misión correspondientes.

Asimismo, utilizando los mismos sensores y otros medios, permitirá controlar y verificar el resultado de las misiones.

La integración de estos Sistemas, el de **Información**, el de **Manejo Acertado de la Situación**, y el de **Toma de Decisión**, es lo que podemos considerar como el ¨**SISTEMA DE COMANDO Y CONTROL**¨.

En el gráfico 8 se ha tratado de plasmar gráficamente este concepto. Lo correspondiente al Sistema de Información es lo que estamos tratando de

desarrollar en esta parte del trabajo.

En USA, para referirse al Sistema de Información se acuñó el término **TPED** (Task, Process, Exploit, Disseminate), cuyos conceptos son similares a los que recién describimos:

- Task: asignar las tareas para obtener la información.
- Process: procesar la información para convertirla a un formato usable.
- Exploit: Fusionar, integrar y analizar la información proveniente de todas las fuentes para crear una ¨Common Operational Picture¨(imagen de percepción común).
- Disseminate: distribuir la información a todos los usuarios.

Pero lo que a nosotros realmente nos interesa como resumen, es que ese combate que se desarrolla en el área de la información, y que llevó al acuñado original del término ¨Information Warfare / Guerra de Información¨, se puede llevar a cabo en todas las etapas del ciclo de C^2, ya que se puede degradar:

- La capacidad de captación de los sensores.
- El procesamiento específico de cada sensor.
- La transmisión de la información desde el sensor al centro de recolección.
- El proceso de fusión e integración de la información proveniente de distintos sensores.
- La distribución de esa información.
- El contenido de las bases de datos usadas para la toma de decisión en los distintos niveles.
- Idem para el planeamiento de misiones y su control.
- La transmisión de las órdenes fragmentarias a los sistemas de armas.

Asimismo, se pueden degradar también los sensores, procesamiento, etc de cada sistema de armas en particular.

El objetivo de esta degradación es lograr que nuestro enemigo:

- No capte, o capte deficientemente o con errores, la situación imperante.
- No pueda procesar la información que capte, o lo haga tardíamente, o con errores.
- No utilice la información que posee porque la supone corrupta, o le resulta confusa.
- No pueda distribuir, no pueda transmitir esa información.
- No pueda transmitir sus decisiones a sus unidades y sistemas de armas.

Por supuesto, la contraparte de este combate es que debemos tomar nuestros recaudos para que el enemigo no haga lo mismo con nosotros.

Por eso, como dijéramos al iniciar el trabajo, lo que buscamos con este combate es lograr que nuestras decisiones sean ¨**correctas y oportunas**¨ y que las del enemigo sean ¨**erróneas o tardías**¨.

En síntesis, a fuer de ser reiterativos, lo que vamos a procurar dañar es el sistema de C^2 de nuestro oponente; por eso algunos hablan de ¨Command and

Control Warfare (C^2 Wf) / Guerra de Comando y Control¨.

Cuando este daño se hace sin recurrir a la munición explosiva, cuando se hace en forma blanda (soft kill), utilizando los electrones como munición, se debe buscar una ¨puerta de entrada¨ al sistema enemigo por donde introducir ese daño.

Las formas que puede adoptar esta puerta son la de una antena, un detector o captor, o una línea física de comunicaciones.

Igualmente, si se utiliza determinado tipo de armamento con munición explosiva (hard kill), por ejemplo un misil antirradiación o un misil IR, normalmente se utilizará la emisión del enemigo, sea voluntaria o no, como fuente de guía (homming) para llegar a los sistemas.

Si nosotros (o nuestro enemigo) somos tan sofisticados que podemos usar armas de energía, por ejemplo láser, o un pulso electromagnético (EMP – ElectroMagnetic Pulse), u otra arma de energía; normalmente también se recurrirá a las antenas y detectores del enemigo como puerta de entrada para producirle el daño.

Analizando todos los elementos que intervienen en este proceso, podemos determinar que está conformado por tres grandes tipos de equipamiento, que constituyen el Sistema de C^2, y sobre los que actuaremos; degradándolos o protegiéndolos:

- Los **sensores**, cualquiera sea su característica y aplicación.
- Las **comunicaciones** de todo tipo, sean para transmitir datos o voz, sea que enlacen los sensores con sus lugares de procesamiento o fusión, o éstos con los centros de integración, análisis y distribución de la información; o éstos con los usuarios, o los usuarios entre sí; sea por radio o por línea física.
- Las **computadoras** o procesadores especiales; los que también, a igual que las comunicaciones, no importa donde se encuentren, pues muchos estarán incorporados o formando parte (embedded) de los otros equipos y sistemas; sea para procesar la información de los sensores, para manejar las redes de comunicaciones, como bases de datos, para analizar y presentar la información, o para ayudar a la toma de decisión.

Este agrupamiento, como dijimos, arbitrario, resulta útil sólo conceptualmente y para el presente trabajo, ya que en la realidad no estarán separados, sino que nos encontraremos con los equipos imbricados unos con otros.

Pero para nuestro estudio es importante poder discriminarlos, y así analizarlos y conocerlos en detalle, porque muchas veces el más insignificante de los elementos puede ser el que más daño produzca.

Y a esa ¨**degradación / protección**¨ de ¨**sensores, comunicaciones y computadoras**¨ podemos ahora sí definirla como la ¨**guerra de información**¨ (information warfare), o ¨**guerra de C^2**¨ (C^2 warfare), o ¨**CE C^2**¨, o ¨**C^3 CM**¨, o

como más nos guste.

Como podemos apreciar, no hemos buscado una única definición, pero sí tenemos (ojalá) un concepto claro, que es lo que importa.

DOS VERDADES FUNDAMENTALES

- **Todo lo que emite puede ser captado**
- **Todo lo que capta puede ser degradado**

Todo lo que Emite Puede Ser Captado

El enemigo (y nosotros también) siempre va a emitir, sea en forma voluntaria o no.

- Reflejará la emisión de la luz, sea del sol, las estrellas o artificial, lo que nos permitirá captarlo con fotografía, video o TV, visores especiales o el simple ojo desnudo.
- Emitirá en frecuencias láser (ópticas o IR) y nosotros usaremos un detector adecuado, por ejemplo un LWR (Laser Warning Receiver / Receptor de Alerta de que estamos siendo iluminados por un Láser).
- Emitirá radiaciones, normalmente no intencionales, en el espectro IR, para lo cual recurriremos a detectores IR.
- Emitirá con sus radares, y nosotros utilizaremos equipos ELINT, ESM o RWR.
- Emitirá señales de comunicaciones, y emplearemos equipos COMINT.
- Emitirá sonidos, ruidos, y lo captaremos con detectores acústicos.
- Producirá vibraciones del terreno, para lo que emplearemos detectores sísmicos.
- Producirá deformaciones de las características magnéticas de su entorno, y lo captaremos con un detector de anomalías magnéticas.
- Si utiliza agentes QBN, captaremos sus emisiones con los sensores adecuados.

En el único caso en el que nuestro enemigo no emite, es cuando utiliza líneas físicas (cable o fibra óptica) para transmitir datos y comunicación, y esto normalmente sólo sucede cuando los enlaces son entre instalaciones fijas o semipermanentes.

En este caso la primera de las verdades fundamentales no se puede aplicar ya que no hay antena o captor; pero no obstante lo mismo buscaremos una puerta de entrada, buscaremos artilugios que nos permitan entrar a su red fija para

acceder a su información, y también para producirle daño.

Y al mismo tiempo tenemos que asegurarnos que nuestro enemigo no podrá llegar a conectarse físicamente a nuestra red.

Como los Sistemas y Redes de Comunicaciones actuales permiten el encaminamiento de las comunicaciones, en especial datos, en forma indistinta por diversos medios sin distinguir entre línea física o radio, e incluso a veces usando ambos para una misma comunicación, sin que muchas veces el usuario tenga control sobre estos medios, para el presente análisis consideraremos (arbitrariamente) a las líneas físicas como si pertenecieran al eem.

Realizando una síntesis, lo descrito nos muestra que, si disponemos del sensor y de las condiciones adecuadas, siempre podremos obtener información sobre nuestro oponente, ya que habrá radiaciones no intencionales aún cuando voluntariamente se restrinja en sus emisiones.

Y esto presenta otro aspecto, si el enemigo voluntariamente no emite, se está autodegradando, él mismo está cumpliendo nuestro objetivo, sin necesidad de acción alguna por parte nuestra. Es lo que pasaba en la guerra del Golfo con los operadores de radar iraquíes, que apagaban sus equipos para no ser detectados y atacados.

Necesitamos que el enemigo emita o refleje emisiones para poder detectarlo, localizarlo, e identificar qué es lo que emite (clasificarlo); y así poder determinar la estructura, distribución y organización de sus medios; lo que nos dará su orden de batalla.

La localización de estos emisores también nos dará los puntos a apuntar para el ataque a los blancos.

Todo lo que Capta Puede Ser Degradado

Acabamos de ver que todo lo que emite puede ser captado si utilizamos el detector adecuado.

Si cambiamos lugar con nuestro enemigo, éste recurrirá a los mismos detectores para captar nuestras emisiones. Quiere decir que, si nosotros somos capaces de producir y emitir señales cuyas características coinciden con aquellas que el enemigo está esperando captar, podremos utilizar sus antenas o detectores como las puertas de entrada que antes mencionamos.

Para ello necesitamos conocer las características de sus sensores. Si lo logramos, y hacemos un uso adecuado e inteligente de esas características, podremos atacarlos; negándoles el acceso a la información al evitar que nos capten; o haremos que lo que sus sensores reciban sea información inexistente, generada por nosotros; o le presentaremos tanta pseudo información (basura) como para saturar a sus sensores o a sus sistemas de procesamiento.

Asimismo, como no se puede evitar emitir, debemos buscar la forma de atenuar esas emisiones (ejemplo: el F-117), o modificarlas (ejemplo: redes de enmascaramiento para todo el espectro electromagnético: óptico, IR y radar), o

falsearlas (ejemplo: señuelos).

Donde Actuar

Como podemos apreciar, hay una enorme cantidad de ¨talones de Aquiles¨ donde se puede actuar para producirle daño al enemigo sin necesidad de destruirlo con munición explosiva (hard kill). Y la degradación ya no se utiliza sólo como autoprotección, para evitar que el enemigo pueda apuntar sus armas o guiar sus misiles, como se concebía antiguamente hasta mitad de la década 80.

Para poder realizar un adecuado análisis que nos muestre en especial las vulnerabilidades de un Sistema de C^2 sobre las que se puede actuar, deberemos considerar las características de:

- El Sistema de Información, constituido por:
  - Sensores y su procesamiento.
  - Transmisión de los datos.
  - Fusión.
  - Integración con otras fuentes.
  - Distribución.
- El Sistema de Toma de Decisión, comprendiendo:
  - Presentación de la situación.
  - Determinación de blancos.
  - Determinación de amenazas.
  - Elaboración de modos de acción.
  - Planeamiento de las misiones.
  - Distribución de las órdenes fragmentarias.
  - Control de la evolución de las misiones.

Estos son los elementos que constituyen el Sistema de C^2 de nuestro enemigo, y sobre los que podemos actuar para **degradarlo**; pero por supuesto, y siendo reiterativos, también son aquellos que conforman ¨nuestro¨ sistema de C^2, al que no sólo debemos **proteger**, sino que también debemos **optimizar**, para asegurarnos que dispondremos de toda y sólo la información que necesitamos, que la podremos visualizar en forma simple (digerible), que nos permitirá tomar las decisiones correctas en el menor tiempo posible (antes que nuestro enemigo), que nos permitirá distribuir la información y las órdenes adecuada y oportunamente, y que nos permitirá monitorear el desarrollo de las acciones en tiempo real y así obrar en consecuencia.

PARTE II

LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INFORMACION

LOS SENSORES

Los sensores, cualquiera sea su tipo, o la banda del eem que utilizan, siempre estarán conformados por tres subconjuntos:

Un elemento captor: por ejemplo un detector sensible a las radiaciones IR, o una antena en el caso de radares, etc.

El equipo sensor en sí: que convertirá lo captado en señales electrónicas, ligadas a características y parámetros con valores particulares.

Otros componentes que efectuarán un primer procesamiento de esos datos para transformarlos en información comprensible y utilizable.

Dada la variedad de sensores que existe, aún cuando la intención original era colocarlos dentro del desarrollo de esta Parte II, con una somera descripción de cada uno, lo extenso del tema hizo que fueran agrupados como un APENDICE al final del trabajo.

De esta forma, están a disposición de quien esté interesado en consultar sus características, que aunque están expresadas en una forma simple y breve, explican qué es cada sensor. Al mismo tiempo, al describirlos por separado, no constituyen algo pesado y difícil de digerir, como sería si se los hubiera dejado dentro de este capítulo, en el que hablamos de ellos en su conjunto.

El Captor (detector/antena)

El primer elemento a considerar cuando analizamos los sensores es el captor que poseen, ya que éste es el interfase entre el ambiente a sensar (el ambiente donde se desarrolla el combate), y todo el equipamiento de recepción y proceso posterior, que permitirán tener clara cual es la situación, para así tomar decisiones ¨correctas y oportunas¨.

Como estos captores (detectores y antenas) son las ¨puertas de entrada¨ al sistema de información, resulta importante conocer sus características y sus capacidades, y sobre todo, sus vulnerabilidades, ya que a través de ellos es por donde podemos (nuestro enemigo también) producir el daño y degradación que estamos buscando.

EL F.O.V.

Una de las características que más interesa es el campo visual (FOV – Field Of View) que poseen; el que en realidad está conformado por tres FOV:

- Un FOV instantáneo.
- Un FOV total.
- Un cubrimiento total o real (Field of Regard - FOR).

Estos tres campos visuales determinarán superficies esféricas, cuyas dimensiones serán función de la distancia al sensor, ya que los FOV están medidos en aperturas angulares, en mills o en grados según sea el sensor; normalmente con dos valores: horizontal-vertical o azimut-elevación.

El FOV Instantáneo

Está dado por las aperturas angulares que posee el captor, son los ángulos a derecha-izquierda y arriba-abajo respecto al eje de apuntado del sensor, dentro de cuyos límites puede captar la presencia de señales. Este es el FOV del sensor fijo, apuntado a un determinado punto.

El FOV Total

Normalmente el sensor tendrá un cierto movimiento de barrido, a efectos de poder determinar la posición angular relativa de la señal que recibe; por ejemplo, el seeker IR de un misil o el radar de seguimiento de una batería de SAM, tendrán un barrido cónico, en donde el eje del sensor gira describiendo un cono alrededor del eje del sistema (el eje del misil, o el eje de apuntado del radar de seguimiento), con una determinada apertura angular entre ambos ejes (ángulo de desfasaje / squint angle).

Este barrido agranda el campo visual del sensor, produciendo el FOV total, el que es barrido secuencialmente por el FOV instantáneo.

En otros sensores, por ejemplo un FLIR del tipo IRLS, el FOV instantáneo tendrá un barrido secuencial o raster (tipo TV) para producir una imagen, cuyas dimensiones estarán dadas por el FOV total.

Desde hace un poco más de una década la tecnología permitió colocar varios elementos captores uno junto al otro, haciendo posible el armado de estructuras de detectores (detectors arrays) que conformaban el FOV total por la sumatoria de los FOV individuales (instantáneos) de todos los captores.

Con esto se logró un FOV total ¨fijo¨ (staring array) que no necesita de barrido (cónico, secuencial, etc.), con la ventaja que la captación es permanente y no secuencial, ya que la estructura actúa como un captor único.

Estas diferentes formas de lograr el FOV total, como podemos deducir fácilmente, dan capacidades y vulnerabilidades diferentes, las que se deben

explotar, sea el sensor propio o sea el sensor del enemigo.

El Cubrimiento Total o Real (FOR)

El sistema sensor suele estar montado en una plataforma (sensora), normalmente giroestabilizada y que permite el libre movimiento del sensor para que sea apuntado en distintas direcciones. Por ejemplo, un sensor EO/IR, a bordo de un VeNTri de reconocimiento estará montado en la panza o la trompa del vehículo, en una plataforma giroestabilizada que le permite girar el sensor para apuntarlo en los 360º en azimut, y a la vez moverlo verticalmente desde el horizonte hasta casi la vertical (abajo).

Esos ángulos máximos de desplazamiento, por ejemplo los 360º en azimut y entre –5º y –85º en elevación, constituirán el cubrimiento total o real del sistema, al que se lo suele denominar ¨Field of Regard¨ (FOR), el que será cubierto por el desplazamiento del FOV total, el que a su vez será cubierto por el desplazamiento del FOV instantáneo.

Estos desplazamientos y barridos insumen tiempos, ya que el captor debe permanecer apuntando hacia la posible señal (o su retorno) durante una cierta fracción de tiempo para poder captarla, es más, cuanto más débil es la señal que queremos captar, mayor será el tiempo que el sensor deberá permanecer apuntado a ese lugar.

Esto nos muestra que los sensores tienen capacidades, pero que sobre todo tienen limitaciones, las que podemos convertir en vulnerabilidades si las analizamos adecuadamente. Y siempre encontraremos alguna forma de producir daño; recordemos: ¨todo lo que capta puede ser degradado¨.

LAS ANTENAS DIRECCIONALES

Estas merecen una consideración especial, ya que actualmente nos encontramos en un cambio generacional. Las clásicas antenas de reflector están desapareciendo, y los nuevos equipamientos utilizan antenas planares, que conforman sus lóbulos por el acomodamiento de las fases de las señales que emiten o reciben, por lo que se las denomina antenas de ¨estructura por fases¨, o de ¨conformación por fases¨, o ¨distribución por fases¨, o ¨arreglo de fases¨ (phase array).

Hasta tanto se vayan definitivamente los sistemas que utilizan antenas de reflector deberemos convivir con, y por tanto conocer y analizar, ambas tecnologías.

Las antenas de reflector eran más sencillas de analizar y también más vulnerables, ya que la forma de su lóbulo (su FOV) estaba fijada por la forma del reflector y la frecuencia de emisión/recepción.

Ese FOV (lóbulo de cubrimiento) podía estar conformado por un lóbulo único, o varios lóbulos encimados, o un único lóbulo con un barrido

electromecánico; complementado la mayoría de las veces con un barrido o desplazamiento de la antena para conformar el cubrimiento total o real.

Con el advenimiento de las estructuras por fases, la antena se transformó en un plano, cuya forma no nos dice nada respecto al FOV, y además, y sobre todo, este acomodamiento de las fases de los emisores permite que una misma antena:

- Forme varios lóbulos distintos e independientes, cada uno con formas (FOV) distintas, y con barridos también distintos.
- Concentre toda la energía radiada en un único lóbulo, o lo distribuya entre varios, regulando arbitrariamente la cantidad de energía que aplica a cada lóbulo.
- Cree huecos de sensibilidad de recepción cero, apuntados hacia los ángulos desde donde está recibiendo interferencias por ejemplo, o hacia donde no quiere emitir para no ser detectado.
- Emita con la energía justa para cumplir su función y al mismo tiempo negar la captación por el enemigo.

Aunque normalmente se habla de antenas planares y de phase array como sinónimos, no son lo mismo, es más, existen diversas técnicas e hibridaciones para conformar los lóbulos.

Los Sensores en Sí

En el APENDICE se consideró conveniente describirlos agrupados en aquellos cuyo producido es una imagen, es una señal, o es un contenido. Aparte de ser diferente la forma en que presentan la información, también, y sobre todo, es completamente diferente la forma en que deberán ser procesados y manipulados los datos que brindan.

Y también será diferente la capacidad de transmisión de datos que se requerirá para cada tipo.

Cada sensor tiene sus propias y particulares características, las que debemos conocer para explotar al máximo sus capacidades cuando sea nuestro; e igualmente, explotar al máximo sus vulnerabilidades cuando sea el del enemigo.

Esto nos permitirá encontrar las formas en que podremos aplicar las mejores técnicas y procedimientos para degradarlos o protegerlos.

Aunque en ese Apéndice los sensores sólo son presentados con una explicación breve, sin que se los analice en detalle, sirve como orientación.

EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Su Necesidad

La forma actual de hacer la guerra requiere una gran rapidez desde que el sensor capta la información hasta que ésta llega al usuario.

Este fue uno de los problemas de la guerra del Golfo con las fotografías de película emulsionable.

En cuarenta días se sacaron más de 4 millones de fotografías de reconocimiento, pero su proceso y análisis por especialistas demandaba al menos un día, y cuando llegaban al usuario, ya eran viejas, y en muchos casos, la información que necesitaba un Comandante para planear su operación le llegaba después de que la había ejecutado, y ya había sobrepasado a su enemigo.

Es decir, todo el esfuerzo del reconocimiento y análisis había sido en vano.

Durante la época de la guerra fría se necesitaba que la información por imágenes estuviera procesada en una o dos semanas; pero para la guerra del Golfo, y para los conflictos actuales, se necesita que esté disponible cuando más en dos o tres horas; y en algunos casos, cuando los blancos son muy móviles, el tiempo del que se habla es de minutos.

Por eso se produjo un cambio tan rápido de tecnología cuando se vislumbró la posibilidad de la imagen digital. No sólo porque permite su transmisión directa desde la plataforma portadora, sino, y sobre todo, por las grandes posibilidades de procesamiento, fusión, análisis, etc. que permite, y cuyos tiempos involucrados disminuyen notablemente.

La información digitalizada, sea de imagen, señal o contenido, permite un procesamiento que mejora notablemente su calidad, y posibilita su compresión para que sea transmitida más rápido y con menos requerimiento de anchos de banda.

Por ejemplo, al ser digital, resulta relativamente sencillo manipular una imagen para hacer que las tomas individuales conformen un mosaico ininterrumpido de la escena, con posibilidades de expandir a voluntad aquella parte de la imagen que interesa investigar.

Al considerar sobre todo los sensores de señal, cuando se habla de procesamiento, se suele hacer una discriminación entre datos, información y conocimiento.

Los datos captados dicen poco en si mismos, son sólo parámetros o valores, sólo cuando son procesados y colocados en un contexto situacional que los torna usables es cuando se transforman en información, y tienen un significado.

Cuando esa información, mediante una acción cognitiva, es decir, mediante el proceso mental de evaluación, es aceptada como factual (basada en hechos), se convierte en conocimiento.

Por eso lo que importa de lo que miden los sensores no son los parámetros técnicos, hay que convertirlos a capacidades operativas; es decir, lo que importa es cuan bien (o cuan mal) un sistema ayuda a planear, moverse y disparar en el combate.

Por ejemplo: un sensor de RWR que posea una sensibilidad de 80 dB, y un radar enemigo cuya potencia sea de 500 Kw, no dicen nada. Si a estos valores se los convierte a una capacidad operativa, y se dice que ese RWR puede detectar a ese radar a 100 NM, entonces sí, la información es operativamente útil, y

digerible por los usuarios.

Actualmente, la gran cantidad de información que se puede obtener presenta un problema, su procesamiento, como recién vimos que sucedió en el golfo.

Por eso hay que asegurarse que se tendrá suficiente capacidad de procesamiento para convertir todo lo captado en información utilizable; sino, de nada sirve obtener la información o tener el más sofisticado de los sistemas sensores.

Para procesar una imagen por ejemplo, se debe:

- Digitalizar la imagen.
- Buscar las áreas de interés, para simplificar el procesamiento.
- Agrupar los varios FOV instantáneos armando una imagen única.
- Reconocer las formas, según representen blancos (ya conocidos o nuevos) o el entorno, utilizando distintos procedimientos de discriminación.

Aunque la mayor parte del proceso a realizar se hará a retaguardia, pues la intención es que a medida que el sensor capta la información la va enviando a retaguardia en tiempo real, a bordo de la plataforma del sensor debe realizarse un mínimo proceso, el suficiente que permita poder adecuar los datos para que sean transmitidos.

Por eso cuando se habla de procesamiento, se debe distinguir entre los realizados: a nivel del sensor, a nivel de la plataforma, y a nivel de la fusión e integración de la información para su distribución y presentación.

La miniaturización de los componentes electrónicos y su abaratamiento, la disminución del peso y consumo de energía, y el desarrollo de mejores algoritmos, han permitido hacer sistemas de procesamiento que pueden ser incorporados a los sensores portados en pequeñas plataformas; por ejemplo un VeNTri o incluso misiles de crucero.

En el caso de la imágenes por ejemplo, los propios sensores tienen incorporados procesamientos para mejorar las imagen que captan; uno de los más importantes es el FMC (Forward Motion Compensation / compensación del movimiento de avance), que compensa el ¨corrimiento¨ típico que se produce en las imágenes y que es consecuencia de la velocidad de avance de la plataforma.

Cada sensor requerirá un procesamiento particular, por sus características propias y por la plataforma portadora, recordemos que estas plataformas van desde un satélite hasta el soldado de infantería.

RESOLUCION Y PROCESAMIENTO

En los sensores en general, y en los de imagen en forma muy particular, la cantidad de información a procesar depende de las resoluciones de señal o imagen que se desea lograr.

Normalmente, cuando se habla de resolución, se tiende a pensar en una imagen y su resolución espacial, el píxel, o el grado de detalle que se puede

distinguir al observarla.

En realidad existen cuatro resoluciones sobre las que se debe actuar, y que son:

- Espacial
- Radiométrica
- Espectral
- Temporal

Mayores son estas resoluciones, mayor es la cantidad de datos a procesar, mayor es el tiempo requerido para procesarlos, mayores son el tiempo y el ancho de banda requeridos para transmitirlos.

Este problema termina en una especulación entre el grado de detalle que queremos o necesitamos, y el tiempo disponible.

Si queremos contar con la información en tiempo real o casi real, debemos utilizar aquella resolución mínima que satisface lo que estamos buscando.

RESOLUCION ESPACIAL

En el caso de la primera de las resoluciones, la espacial o geométrica, que es aquella a la que más comúnmente se hace referencia, tanto el deseo del usuario como la propaganda del vendedor buscan la mayor definición, el tamaño de píxel más chico posible.

Pero más píxels significa más información a procesar, más tiempo. Lo ideal es en realidad aquel tamaño de píxel que nos permita detectar, identificar, reconocer, o verificar la presencia, de aquello (el tipo de blanco) que estamos buscando.

Por supuesto, es elemental que todos los dispositivos que intervienen, desde la captación hasta la presentación de la imagen al usuario, tengan la misma capacidad de resolución.

De nada sirve un captor de 5000 x 5000 pixels, y sobre todo la transmisión de esa cantidad de información, si la presentación de la imagen completa la haremos en un monitor de 2000 x 2000 pixels.

Al respecto, cabe un ejemplo doméstico: es común encontrar en las casas de computación a personas que quieren un monitor de 2000 x 2000 pixels y con capacidad de 2^{24} colores . . . para usarlo con un procesador de texto.

También cabe otra aclaración: el valor de la resolución, del píxel, no es taxativo, no es un veo-no veo, reconozco-no reconozco; según sea la forma de lo que estemos buscando, a veces con menores resoluciones aún se pueden detectar o reconocer algunos objetos, aunque se los vea difusos.

RESOLUCION RADIOMETRICA

La segunda de las resoluciones, radiométrica o de nivel de señal, estará dada por los niveles de radiación o reflexión, o de brillo, o de tonos de grises, según sea el

caso, y para las imágenes, esos niveles se medirán para cada píxel.

Es una resolución muy utilizada en los sensores SIGINT, y desde que se puede realizar un análisis espectral (tercera resolución) de las imágenes, también aplicado a éstas.

El grado de resolución dependerá de la sensibilidad de los sensores y su capacidad para discriminar entre niveles próximos de señal.

Pero como dijimos antes, debe estar relacionada con la capacidad de discriminación de todos los elementos intervinientes, desde la captación hasta la presentación.

Y aquí cabe una pequeña aclaración para las imágenes color. Recién vimos que para cada píxel podemos utilizar 24 bits para diferenciar los distintos colores, con lo que dispondremos de 16.777.216 tonos de color diferentes.

A esta capacidad de discriminación se la suele llamar ¨true color¨ (color verdadero); mientras que para los grises se utilizan sólo 8 bits, lo que da 256 tonos de gris.

Pero si esto va a ser evaluado por el ojo humano, debemos tener en cuenta que éste sólo tiene capacidad para discriminar 64 colores diferentes, por lo que bastaría con 6 bits; los otros 18 bits, que demandan más memoria, más tiempo de procesamiento, más tiempo de transmisión, son innecesarios.

Supongamos por ejemplo que queremos captar una escena de 25 km x 25 km con una resolución espacial (píxel) de un metro, esto significa 625 Mpixels; aplicando las opciones de resolución radiométrica tendremos:

- 15.000 Mbits de información para 24 bits de resolución por cada pixel.
- 3.750 Mbits para 6 bits.
- 5.000 Mbits si utilizamos un óptimo de 8 bits

Esto nos muestra algo importante para lo que veremos más adelante: para transmitir una imagen con 24 bits de resolución radiométrica por píxel, necesitamos el triple de tiempo que para transmitir la misma imagen pero con 8 bits de resolución.

RESOLUCION ESPECTRAL

Esta resolución se refiere a la discriminación de las señales por bandas de frecuencia.

Una de sus primeras aplicaciones fue en el espectro IR, como IRCCM para evitar que el misil se enganchara en el flare; el procedimiento consistía en comparar las respuestas espectrales del blanco y del flare con la referencia a bordo del misil, y así ignorar al flare.

Tuvo su gran desarrollo cuando se la comenzó a aplicar en la captación y procesamiento de imágenes con los sensores multiespectrales primero, y con los hiper y ultraespectrales después, ya que al permitir determinar la magnitud de la señal emitida o reflejada por los objetos en las distintas bandas de frecuencia facilita su detección, reconocimiento e identificación.

Desde el punto de vista procesamiento, la resolución espectral significa más datos a procesar.

Como vimos antes, una imagen estará conformada por una cierta cantidad de bits en función de la cantidad de pixels (resolución espacial) y los niveles de señal (resolución radiométrica).

Si a la banda del espectro en la que estamos midiendo estos niveles de señal la subdividimos en varias subbandas, en cada una de estas subbandas tendremos para cada píxel un nivel de señal, lo que significa, en teoría, multiplicar la cantidad de datos originados por la cantidad de subbandas que consideraremos.

Y por supuesto, cada subbanda debe tener su propio procesamiento individual.

El resultado: mayor cantidad de datos a procesar (normalmente en paralelo) y a transmitir.

RESOLUCION TEMPORAL

La última de las resoluciones, la temporal, se refiere al tiempo que transcurre entre la toma de dos imágenes sucesivas.

Aquí debemos distinguir dos resoluciones distintas:

Una dada por las características del sensor y su procesamiento, que determina cuando el sensor está en condiciones de captar una nueva señal o imagen. Por ejemplo, un IRLS consume un cierto tiempo para barrer y formar una imagen antes de poder reiniciar su barrido.

La otra resolución temporal depende de la plataforma del sensor, y normalmente está referida a satélites, e indicada en ¨tiempo de revisita¨, es decir, cuanto tiempo pasará desde que se captó una señal o imagen hasta que la plataforma vuelve a estar en posición para captar nuevamente la señal o imagen.

Procesamiento y Transmisión

Actualmente, lo más crítico no es el procesamiento en sí, o el tiempo que éste demanda, sino el tiempo requerido para la transmisión de la cantidad de información captada; éste es el verdadero cuello de botella.

Por eso, gran parte del procesamiento que se realiza a bordo de las plataformas de los sensores es para procurar adecuar los datos para que sean transmitidos lo más rápidamente posible.

Tenemos que tener en cuenta que, aún cuando la información captada por el sensor sea para ser utilizada a bordo de la plataforma, por ejemplo un FLIR en un avión de combate, esta información también será transmitida, a fin de posibilitar tanto el ¨situational awareness¨ del resto de las plataformas como la toma de decisión a nivel de comando, ya que se utiliza toda la información disponible proveniente de todas las fuentes (¨network centric¨).

Si tomamos los valores que antes dimos para la escena de 25 km x 25 km, y

utilizamos para este ejemplo al satélite retransmisor TDRSS de NASA, que se usa para retransmitir las imágenes del LANDSAT, y que tiene una velocidad de 300 Mbits/seg, necesita:

- 50 segundos para la imagen de 15.000 Mbits (24 bits de resolución)
- 12,5 segundos para la de 3.750 Mbits (6 bits)
- 16,67 segundos para la de 5.000 Mbits (8 bits)

Acá podemos apreciar lo importante que resultan: la adecuada selección de las resoluciones, y la utilización del procesamiento óptimo.

Una forma de bajar la cantidad de información a transmitir es hacer una primera selección abordo, transmitir sólo aquellas partes que resulten interesantes, y luego descartar el resto. Para ello necesitamos poner un ¨criterio de selección¨ abordo, sea humano o electrónico.

Archivo Transitorio de los Datos

En algunos casos, sobre todo satélites o plataformas en la profundidad del territorio enemigo, cuando la plataforma del sensor no tiene a la vista a la estación receptora o a una plataforma retransmisora, o a veces por razones de seguridad, la información debe ser almacenada abordo por un cierto tiempo, hasta que la plataforma esté en condiciones de transmitir. Esto creará la necesidad de tener suficiente memoria abordo.

Igualmente, si la velocidad de obtención de la información es superior a la velocidad de transmisión de los datos, también se necesitará archivar la información abordo, en este caso en una memoria tipo buffer, que vaya entregando los datos al equipo de transmisión a medida que éste los requiera.

Compresión y Fractales

Como estuvimos viendo, los sensores, en particular los de imagen, producen una gran cantidad de datos, que dependen de:

- Tamaño de la escena a captar (FOV).
- Tamaño del píxel del sensor (resolución espacial).
- Nivel de señal, escala de grises o colores (resolución radiométrica).
- Cantidad de bandas de frecuencia o colores (resolución espectral)

También vimos que existe un cuello de botella, dado por la velocidad de transmisión de esos datos en función del ancho de banda disponible, lo que significa tiempos excesivos, lo que a su vez, en algunos casos, lleva a sacrificar información en procura de bajar esos tiempos.

Buscando soluciones a este problema aparecieron diversas técnicas conocidas como de compresión de la información. Analicémoslas brevemente.

Cuando se comenzó a transmitir información digital por primera vez, se creó lo que se llamó **BAUDIO** (Bit de AUDIO). Era la simple modulación por pulsos

de amplitud de la señal transmitida; la presencia o ausencia de señal equivalía a los unos y ceros.

Una mejora posterior llevó a la modulación en frecuencia; modulando la portadora con dos frecuencias que correspondían respectivamente a los unos y ceros.

Sea que se modulase en amplitud o en frecuencia, el pulso requería tener una cierta duración para que pudiese ser discriminado; duración que fijó por un tiempo la velocidad máxima de transmisión de datos digitales.

En procura de aumentar esas velocidades dentro de los límites de los anchos de banda disponibles, se recurrió a lo que se llamó ¨**compresión**¨.

En el caso de las imágenes, la primera de estas técnicas atentó directamente contra la resolución espacial, por lo que produjo un cierto rechazo en el ambiente militar, aunque es una de las más comúnmente utilizadas para imágenes de computadoras.

Consiste en **agrupar la imagen de a 4 pixels adyacentes**, buscar el promedio del nivel de color o tonos de gris (resolución radiométrica) y asignarlo a esos 4 pixels, los que se transforman en un único píxel cuya dimensión es de 2 x 2 pixels originales.

De esta forma se logra una compresión 4:1, lo que disminuye la memoria requerida para archivo y el tiempo de transmisión.

Este es un proceso irreversible; quiere decir que al comprimir, degrada las dos resoluciones, la espacial y la radiométrica.

Otra técnica que se desarrolló es la llamada ¨**on the fly**¨(mientras vuela); basada en una técnica similar que fuera desarrollada para la generación de las primeras imágenes sintéticas en los tubos de rayos catódicos.

Consiste en la comparación del nivel de señal (de color o tono de gris) de los pixels sucesivos a medida que el procesador los lee; si sus valores se encuentran dentro de cierto rango de niveles fijados por un determinado criterio, los agrupa y les asigna un único nivel de señal.

Por ejemplo: tomemos la imagen de un helicóptero contra el cielo; los pixels del cielo tendrán todos más o menos un cierto color celeste, el procesador los agrupa y especifica que desde el píxel Nº xx hasta el píxel Nº yy todos tienen un valor de señal zz; de esta forma, lo que va a quedar en memoria o va a transmitirse es: el píxel inicial, el píxel final, y el valor de señal.

Cuando en su lectura el procesador llega a los pixels de la imagen del helicóptero, el valor de señal radiométrica del píxel cambia abruptamente, por lo que hace un nuevo registro de pixels y señal.

De esta forma disminuye notablemente la cantidad de datos mientras conserva el tamaño de los pixels (resolución espacial), pero se corre el riesgo que se pierda información de algún objeto cuyos valores de señal (color o tonos de gris) caigan dentro de los márgenes de nivel fijados por criterio para su entorno.

Otra forma de compresión utiliza una codificación de los bits mediante el corrimiento de la fase del pulso correspondiente a cada bit; según la capacidad

que tenga el equipamiento para discriminar entre diferentes cosenos será la magnitud de la compresión.

Esta técnica no pierde información, ya que los bits de información se pueden recuperar completamente.

Otras técnicas recurren al uso de **transformadas** (discrete cosine, wavelet, etc), y que consisten en el uso de algoritmos diversos para transformar la información de las imágenes en datos numéricos para tratar de disminuir el registro de la información redundante.

Una nueva técnica, actualmente en pleno desarrollo, es la de los ¨**fractales**¨.

Está basada en una nueva geometría, la fractal, que permite, a partir de una fórmula matemática simple, generar una imagen que se replica en forma infinita. De esta forma, a cada fórmula fractal le corresponde una imagen particular.

Si se puede hacer lo inverso, es decir, partiendo de una imagen lograr la fórmula fractal que la representa, habremos logrado ¨comprimir¨ toda la información correspondiente a esa imagen en una simple fórmula.

A esto se lo llamó ¨Fractal Image Compression¨ (FIC / compresión fractal de imagen); se basa en una rama de las matemáticas conocida como IFS (Iterated Functions System / Sistema de Funciones Reiterativas), y está actualmente en pleno desarrollo.

Ha generado grandes polémicas, ya que algunos la consideran la técnica de compresión del futuro, porque por ejemplo, una imagen de 1 Gbits, que por otras técnicas de compresión se puede reducir a 25 Mbits, utilizando fractales podría comprimirse a 2 Mbits o menos, sin perder en absoluto su resolución espacial.

Para otros no es exactamente una técnica de compresión, pues lo que en realidad hace es encontrar un grupo de algoritmos fractales, que generan imágenes que resultan lo más parecidas posibles a las imágenes originales, pero no las recuperan.

Recordando la época anterior a la fotografía, el fractal sería el equivalente al esquicio del campo de batalla que los dibujantes realizaban para el Comandante, no era lo real, era la representación lo más fidedigna posible.

Como veremos después, el gran entusiasmo en el uso de fractales no sólo está dado por las posibilidades de compresión de imagen, sino porque permite, una vez que uno conoce la fórmula correspondiente a la imagen de un determinado objeto, realizar su búsqueda dentro de una escena captada mediante la simple comparación de los algoritmos fractales; lo que llevaría al reconocimiento automático de blancos.

IMAGENES-MAPA DE LA TIERRA

Como hemos estado viendo, la información que se obtiene mediante los sensores es por demás abundante, por lo que se debe buscar alguna forma de relacionarla y presentarla a los usuarios en forma digerible.

Una forma práctica de hacerlo es agruparla geotemporalmente; es decir, presentarla sobre cartas y mapas que faciliten la comprensión de la situación; pero al mismo tiempo relacionarla temporalmente, para poder establecer cual es la información que está vigente, ya que debido a lo cambiante de las situaciones se pueden producir errores de apreciación al utilizar información ya obsoleta.

A los clásicos mapas y cartas que relacionan la información geográficamente
y que han sido utilizados desde la antigüedad, también los ha alcanzado la tecnología, y están en un período de transición.

El típico mapa de papel plastificado, que antes fue piel, ahora es una pantalla digital, con las facilidades que brinda para modificar, quitar o agregar datos, y en especial, con la posibilidad de superponer imágenes de la tierra.

El mapa de papel ha adolecido de diversos problemas y limitaciones; uno de ellos era la fuente de obtención de sus datos y su actualización, ya que al ser dibujados sobre la base de los datos recogidos por topógrafos en el terreno, el trabajo era lento, y a veces, no se podía acceder a los lugares.

Otro inconveniente estaba dado por las escalas y contenidos, ya que según las necesidades del usuario van a ser las escalas, y según las escalas va a ser el contenido de información posible de graficar.

Uno de los problemas clásicos se presenta cuando se deben realizar operaciones conjuntas, entre usuarios que necesitan distintas escalas y distinta información. Ni que decir cuando uno de los involucrados trabaja en km y km/h, y el otro lo hace en NM y en nudos. La percepción deja de ser común, con todos los trastornos que involucra.

Algunos de estos problemas tienen fácil solución mediante la aplicación de ciertos procedimientos, otros no.

Uno de los ejemplos recientes fue dado en la Operación de Paz ¨Able Sentry¨ en Macedonia en 1993.

Los mapas que usaba el USARMY eran escala 1:50.000 basados en determinado tipo de información (ED-50), mientras que los británicos usaban mapas a escala 1:1.000.000 con otro tipo de información (WGS-84); pero muchos preferían las cartas yugoslavas en escala 1:25.000 porque mostraban más información, los nombres en el idioma de origen, y sobre todo, la frontera Serbio-Macedonia mucho más precisa.

En este caso la tecnología digital ayudó indirectamente, ya que, escaneados e integrados los tres, se hizo un nuevo mapa, de percepción común, y al que se le incorporaron los datos del mapa yugoslavo.

Una situación parecida, pero sin la misma solución, se vivió en el conflicto de Malvinas, en donde cada cual utilizó el mapa que mejor le convino; algunos con los nombres en castellano, otros con los nombres en inglés, unos terceros con los nombres ingleses traducidos al castellano, y algunos, traduciendo mal los nombres ingleses.

El ejemplo clásico que todos han de recordar: ¨ganso verde¨. Parte de las

tropas, y sobre todo los noticiosos de televisión, hablaban de las operaciones que se realizaban en ganso verde; pero cuando uno iba a las cartas, no encontraba al lugar ¨ganso verde¨; ¿se referían a goose green (pradera del ganso)?, ¿o se referían a otra ubicación que no estaba en las cartas con nombres en inglés?.

Al leerlo ahora, parece una confusión trivial, pero en operaciones, aclararla demanda tiempo, y el no aclararla puede llevar a operaciones erróneas.

A estas limitaciones de las cartas en papel cabe agregar otra; la ley de Murphy que dice: ¨la parte principal de las operaciones se llevará a cabo justo en la unión de 4 cartas¨.

La posibilidad de generar mapas digitales prácticamente ¨a medida¨ ha solucionado estos problemas, ya que al estar compuestos por información digital permitne un número ilimitado de manipulaciones, las que posibilitarán: obtener información súper detallada, variar la escala sin problemas, usar todos la misma referencia, y ser independiente de las unidades de medida que cada cual use.

Técnicas de Generación

Como se está en plena evolución, las técnicas actualmente disponibles son diversas.

ESCANEADO Y RASTER

La más simple de las técnicas consiste en pasar el mapa de papel a una pantalla digital; son los llamados ADRG (Arc Second Digitized Raster Graphics / gráficos digitalizados de barrido secuencial de segundo de arco).

Consiste en escanear los mapas de papel para presentarlos como fondo de pantalla, el que es generado por barrido secuencial (raster). Mantienen todas las características, y las limitaciones, de los mapas de papel, ya que sigue siendo un mapa dibujado y orientado para ser leído en papel.

Algunos corrigen la proyección, de forma que todos los paralelos y meridianos (hasta los 45º / 50º de latitud) queden rectos y perpendiculares, haciendo que los pixels de los mapas coincidan con los pixels de pantalla, con lo cual el píxel es un valor constante de lat/long, lo que facilita la generación de imágenes a superponer a los mapas.

POR VECTORES

En esta técnica también se utiliza la información que contienen los mapas en papel, pero se la manipula por vectores (pseudo objetos); por ejemplo, se toma un segmento de ruta, o un río, o una población, y se archiva su forma gráfica, acompañada por otros datos; como por ejemplo en el caso de la ruta: su ancho, cantidad de carriles, el material de que está hecha, peso máximo que soporta, banquinas, etc., y es guardada según sus coordenadas geográficas.

Se los puede presentar y quitar a voluntad, y con un simple clic se puede obtener el resto de la información relacionada.

Esta técnica permite presentar la información según la necesidad y la escala que se esté utilizando, la que en realidad pasa a ser un simple zoom de pantalla.

Al archivar los datos por vectores, se dispone de abundante información cuya presentación se puede regular para no saturar la imagen.

MAPAS MAS IMAGENES DE LA TIERRA

La gran abundancia de imágenes de la tierra a la que ya estamos habituados (Spot, Landsat, etc.) abrió la posibilidad de superponer las imágenes sobre los mapas, con lo cual lo que se ve ya no es lo relevado por los topógrafos, sino la imagen real de los objetos, tanto naturales como artificiales.

A esto ayudó también la precisión en el posicionamiento de esas imágenes, mediante el uso de sistemas como el GPS.

La posibilidad de disponer de imágenes de la tierra en casi toda su extensión lleva a que los mapas y cartas ya no sean los clásicos, sino que sean ¨IMAGENES-MAPA¨; por eso algunos han definido como ¨espaciocartas¨ a las imágenes obtenidas por satélites.

FALSO 3D

Como evolución lógica de la técnica anterior, surgió la posibilidad de desplegar esas imágenes de la tierra sobre modelos con curvas de nivel, lo que permitió crear un ¨falso 3D¨.

IFSAR + E.O.

Hemos visto, cuando se habla de los sensores, que se puede obtener información de altura utilizando un radar SAR ¨estereoscópico¨, tal como se hizo en el Proyecto SRTM (Shuttle Radar Topography Misión / Misión de Topografía Radar del Shuttle).

Esta misión del shuttle logró un relevamiento de la ¨rugosidad¨ de la tierra entre los 60º N y los 56º S, con una resolución (píxel) de 30 x 30 metros en superficie y una precisión de 10 metros en horizontal, y entre los 6 y 16 metros en altitud.

Luego de su procesamiento, esta información captada brindará una ¨imagen-mapa¨ de la tierra sumamente precisa, aunque no con la definición de las imágenes electroópticas. Pero, aplicando la técnica anterior del falso 3D, al desplegar imágenes EO sobre la imagen SAR orográfica 3D, se logrará disponer de mapas con una precisión y riqueza de información como jamás antes se tuvo.

Estas imágenes-mapa se han transformado en un archivo dinámico que puede ser actualizado permanentemente; y permiten el intercambio de datos

gráficos e imágenes, o información geográfica compleja, rápidamente y con precisión.

Esto llevó a acuñar un nuevo término: **GIS** (Geographical Information System / Sistema de Información Geográfica) y una actividad que va mucho más allá del cartógrafo tradicional, dedicada a la conformación y permanente actualización de un Sistema de Información sobre todo lo que puede ser relacionado geográficamente.

Yendo aún más allá, USA y otros incorporaron un nuevo órgano dentro de los Estados Mayores y Unidades, cuya responsabilidad es la provisión permanentemente actualizada del GIS.

Las Posibilidades

Aunque sólo pocos tienen ya aplicación operativa, y la mayoría todavía son proyectos en desarrollo o sólo ideas; disponer de esa imagen 3D precisa, completa, y sobre todo ¨cierta¨, abre una enormidad de capacidades, entre ellas por ejemplo las relacionadas con:

PENDIENTES Y TERRENOS

Con el soft adecuado, se puede determinar fácilmente:

- Las zonas del terreno cuyas pendientes están por debajo o por arriba de un cierto valor, por ejemplo el máximo que puede superar un determinado tipo de tanque enemigo; de esta forma se pueden visualizar y restringir las áreas en donde será posible encontrarlo para atacarlo.
- Si a esto le agregamos la información de las características del suelo, obtenidas con un sensor adecuado, reduciremos más aún esa área.
- Si es el caso de tanques o vehículos nuestros, otro soft nos permitirá trazar el mejor o los posibles recorridos a campo traviesa entre dos puntos.
- Si el tanque o vehículo está equipado con GPS u otro sistema de navegación, podrá navegar automáticamente siguiendo ese recorrido.

CUBRIMIENTOS RADAR Y OTROS

Una de las grandes preocupaciones en toda operación aérea siempre ha sido poder evitar la detección por los radares, especialmente los de las armas superficie-aire. La técnica o procedimiento normalmente empleado era volar tan bajo como fuera posible, con todo el esfuerzo y riesgo que ello significa.

Cuando se conocía la ubicación de los radares, se hacía un trabajo muy arduo, confrontando distancias y elevaciones de los obstáculos con los cubrimientos para determinar el cubrimiento teórico a determinadas cotas de

vuelo. Esta información no era totalmente segura, pues se realizaba sobre mapas y con escalas que no permitían precisión.

Con las nuevas imágenes-mapa, si se dispone de información sobre la ubicación y cubrimientos de los radares, basta con introducir las coordenadas de los mismos para que se visualice, no sólo los cubrimientos a determinadas cotas de vuelo, sino que se pueden determinar áreas y corredores (o más propiamente cavernas y túneles) con una determinada amplitud vertical entre el terreno y la parte inferior de los cubrimientos; lo que posibilita trazar perfiles de penetración sin necesidad de volar pegado al suelo, y con indicación precisa de las elevaciones del terreno de la misma altura o superior a la del avión.

VISIÓN OBLICUA DEL TERRENO

Una de las cosas que más desea quien va a realizar una misión es tener una imagen clara de cómo será el blanco a atacar y su entorno; como si estuviera viendo desde la cabina de un avión, un helicóptero, o un tanque.

Esto antes se procuraba lograrlo con modelos y maquetas. Ahora, las imágenes 3D dan la posibilidad de rotar y girar la imagen a voluntad, dándole la profundidad y luces más adecuadas para tener una visión lo más aproximada posible a la imagen que verá el piloto de un avión o helicóptero, e incluso un combatiente terrestre.

La tecnología permite que esta visión oblicua sea usada tanto para el planeamiento o el briefing a las tripulaciones, como para ser presentada en la pantalla de la plataforma, permitiendo al usuario hacer una comparación directa del mundo real que está viendo con esta imagen.

CARTAS A MEDIDA

Como todo está digitalizado, tanto las imágenes de la tierra como la información de los sensores y los objetos, vectores o texto, resulta sencillo realizar cartas ¨a medida¨ para cada operación o actividad, conteniendo todo y sólo lo que el usuario necesita. Sea una carta para presentar en una pantalla, sea para imprimirla en papel.

Y aquí cabe una aclaración, porque muchas veces la gente se entusiasma y dice ¨deme a mi también¨, como cuentan que en 1942 dijo el Almirante Ernest King: ¨yo no sé que diablos es esta ¨logística¨ de la que Marshall siempre habla, pero quiero un poco¨.

La tecnología no ha hecho obsoleta a la carta en papel, sino que ha brindado la posibilidad que sea actualizada y justo la que se necesita. No olvidemos que la electrónica es frágil aún cuando se la diseñe con robustez, que es propensa a fallar en los momentos más críticos (dicen que las máquinas tienen alma y son perversas), y que necesita energía para funcionar. Si no está en una plataforma que le brinde esa energía, necesita baterías o pilas, las que se consumen con

rapidez, por lo que crean un problema logístico muy serio, por lo que a veces es preferible tener la carta de papel, que no tiene estos problemas.

Si la carta va a estar en una pantalla incorporada a una plataforma, avión, helicóptero, tanque, etc., puede ser orientada con el norte arriba o con el rumbo arriba; con la posibilidad de graficar la ruta a seguir; y, si la plataforma posee GPS, usarla para navegar, haciendo que la carta se desplace acorde con la posición de la plataforma.

PERCEPCION COMUN

La mayor de las capacidades que presentan estas imágenes-mapa para las operaciones es el sustento de **percepción común** que brindan, ya que todos los usuarios, no importa su nivel orgánico, aplicación a darle, grado de detalle o escala, todos tendrán la misma carta, con la misma información; con lo cual no habrá confusiones para las coordinaciones.

Asimismo, para transmitir datos, no se necesita transmitir toda la carta o la información que ella contiene, sólo se tienen que transmitir aquellos datos que cambiaron, se desplazaron, aparecieron, o no están más; referenciados arbitrariamente a cualquier punto de coordenadas de la carta, con lo que se le niega al enemigo la información, aún cuando haya interceptado la transmisión; la que por otra parte, al ser breve porque sólo se transmite lo que cambia, es más difícil de interceptar.

Algunas Consideraciones

LAYERS (CAPAS)

Como la información disponible es excesiva, aún para una carta digital, el mayor problema es regular la cantidad de información a presentar para evitar que el usuario se pierda con tantos datos, y no capte lo más importante porque está mezclado con el resto.

Asimismo, no todos los usuarios tienen las mismas necesidades, por lo que se ha recurrido a una forma sencilla y a la vez rápida para regular la cantidad de datos a presentar.

Consiste en graficar la información por separado en distintas capas (layers) que se pueden superponer a voluntad sobre la carta base, y que están agrupadas por determinados criterios, por ejemplo: construcciones e infraestructura, caminos puentes y túneles, emplazamientos de armas superficie-aire, etc. Estas capas pueden ser editadas, divididas, agrupadas o insertadas a voluntad.

En cada capa los objetos están dibujados como vectores independientes, de forma que se pueden agregar, quitar o desplazar a voluntad, en forma rápida y sencilla, lo que da una gran flexibilidad para presentar todo y sólo lo que el usuario necesita; así el mapa se hace a su medida.

PIXELS Y GRADO DE DETALLE

Cuando se digitalizan las imágenes se trabaja con pixels, siendo éstos la unidad de resolución; habiendo desplazado a la clásica, basada en la capacidad para distinguir 2 líneas paralelas separadas una determinada distancia.

Cuando la presentación se hace en una pantalla, los pixels que más interesan son los de la pantalla, ya que éstos son los que en última instancia fijarán la relación entre resolución y área a presentar.

Por ejemplo, si tenemos un sensor que nos brinda una imagen de una escena con pixels de 1 x 1 metro y la presentamos en una pantalla de 2.000 x 2.000 pixels, el tamaño de la escena que se verá en la pantalla será de 2 km x 2 km.

Al revés, si queremos ver una escena completa de 20 km x 20 km, el píxel de la escena será de 10 x 10 metros, aún cuando el sensor que la capta tenga capacidad de pixels de 1 x 1 metro.

Esto no nos debe preocupar si somos usuarios y no analistas, ya que son estos últimos los que necesitan ver las imágenes reales y con el mayor grado posible de resolución.

Los usuarios, salvo en alguna situación muy específica, sólo necesitan ver una imagen lo más aproximada posible a la real, y a veces basta con un símbolo que represente los objetos. Por ejemplo, quien está planeando operaciones de ataque al suelo no necesita la imagen real de cada uno de los tanques a atacar, le basta con un símbolo.

Esto nos lleva a los fractales que antes vimos. Su empleo puede resultar dudoso para presentar imágenes a un analista, pero son ideales para transmitir las imágenes cuasi reales a los usuarios.

Que Degradar – Proteger

Estas Imágenes-mapa, a igual que los mapas clásicos, son el sustento, la base sobre la que se vuelca toda la información disponible para tomar decisiones, planear operaciones y ejecutarlas.

Como vimos, la diferencia entre unas y otros es la facilidad de manipulación de las primeras y las posibilidades que ofrecen de acumular toda la información que se desee sin que se transforme en un caos indescifrable, como sucede con los mapas luego de un cierto tiempo de volcar información sobre ellos (muchos de los lectores lo habrán experimentado).

Como son el sustento de la información, ya están archivados en las bases de datos de todos los usuarios; no se los va a transmitir, y por lo tanto no se los puede interceptar ni se los puede degradar fácilmente.

Pero sí, se puede interceptar y degradar la información que provenga de los sensores y de otras fuentes, todo aquello que va a ser agregado a los diferentes layers.

Aunque hablamos de degradar y proteger, lo más importante a rescatar aquí,

es la enorme capacidad que significa disponer de estas imágenes-mapa, en lugar de seguir empleando los mapas clásicos.

Muchas veces, para describir alguna capacidad o tecnología, se suele utilizar el término ¨multiplicador de fuerzas¨; en el caso de estas imágenes-mapa es donde sin duda ese término cabe, ya que es el único sistema que permite que la información disponible en tiempo real y actualizada, sea presentada en forma digerible.

Como veremos más adelante, esta imagen-mapa, con sus diferentes capas o layers, es el soporte sobre el que se volcará la **situación**, la que es el producto final de todo el Sistema de Información que estamos analizando.

Por lo tanto, es lo más importante a proteger, y debemos utilizar todo nuestro ingenio para lograr degradar, directa o indirectamente, el sistema del enemigo.

FUSION E INTEGRACION

Hemos visto que cuando se quiere que la toma de decisión sea efectiva se necesita tener una percepción de la situación (enemigo, fuerzas propias, y ambiente) que sea precisa y oportuna.

También hemos visto que, actualmente, aquellos que toman las decisiones tienen una gran cantidad de datos a su disposición; y que si buscan información sobre un blanco o evento en particular, encontrarán que tienen abundantes datos relacionados, pero en formatos, unidades de medida, etc. que los hacen incompatibles entre sí; por lo que el verdadero problema con el que tenemos que lidiar es transformar esos datos en **algo integrado y digerible**; el segundo problema que tenemos que resolver, es asegurar que esos datos **lleguen en forma oportuna** a quien los necesita.

Para colmo los tiempos disponibles han cambiado, la gran movilidad de los medios ha hecho que, si por ejemplo tomamos a NATO como referencia, los procesamientos de información que durante la guerra fría resultaban satisfactorios aunque duraran 2 a 3 semanas, ahora deben ser realizados en 2 a 3 horas.

Por eso ya no basta con tener sensores, con realizar operaciones de reconocimiento, sino que es necesario realizar la fusión, la integración, y la distribución ¨a tiempo¨ de la información. Recordemos que la más valiosa de las informaciones, si llega después que ocurrieron los hechos, sólo sirve como anécdota.

Este ¨a tiempo¨, que por supuesto está ligado a los CR, depende entre otros factores, de cómo se realice la fusión e integración de la información disponible, y de la forma en que se distribuye; lo que a su vez producirá diferentes CR según cual sea la cantidad y calidad de la información que se debe transmitir para cada usuario en particular; ya que no todos requieren la misma información y con el mismo grado de detalle.

La Fusión (de los datos) de los Sensores

Al procesarse toda la información disponible, se suele hablar de ¨fusión¨ y de ¨integración¨, haciendo una sutil diferencia:

- La fusión se refiere a la integración de la información o datos provenientes sólo de sensores.
- La integración en cambio, normalmente es un proceso posterior, y comprende tanto a la información de los sensores (ya fusionada), como a la proveniente de cualquier otro tipo de fuentes o bases de datos.

Hasta principios de la década 90 el concepto respecto a los sensores era su empleo aislado, orientado a una función específica, por ejemplo:

- Reconocimiento de la superficie terrestre.
- Vigilancia, detección y seguimiento de blancos aéreos.
- Adquisición de blancos para un determinado tipo de arma.
- Alerta de la presencia de una amenaza, o identificación de los posibles enemigos.

El sensor cumplía una función aislada y específica, y aún cuando la información que obtenía era útil para otras operaciones, rara vez se la aprovechaba, ya que al sensor se lo consideraba como de propiedad exclusiva del organismo al cual estaba asignado.

Como ya vimos, este concepto fue evolucionando, y ahora se procura que toda la información que captan los sensores, cualquiera sean, sea aprovechada para todo tipo de actividades; para tomar decisiones, para tener clara la situación (situational awareness) y para la asignación de blancos (targeting), entre otras.

Esto hace que muchas veces sean varios los sensores que captan información sobre un mismo elemento o evento, cada uno percibiendo una determinada característica. Si estos datos aislados se pueden ¨fusionar¨, se logrará una información compuesta, en donde cada sensor aporta algo, con lo cual la información será mucho más precisa y cierta que si fuera la de un sensor aislado.

Uno de los ejemplos de fusión puede ser el de los sensores hiperespectrales; cada subbanda detecta determinadas particularidades; si consideramos a cada una independientemente, dice poco sobre lo detectado, pero fusionadas dan un informe completo, al integrar todas las particularidades captadas.

El concepto es parecido al que se usó en las décadas 60 y 70 cuando los CIC de defensa aérea se automatizaron, permitiendo que la información sobre un mismo blanco fuese integrada por los datos provenientes de distintos radares, solucionando el problema que se tenía debido a las distancias que recorrían los aviones durante el CR de la defensa aérea, ya que muchas veces no bastaba con el cubrimiento de un único radar para tener la suficiente alerta temprana (tiempo).

Antes de la automatización el elemento ¨fusionador¨ de los CIC era una mesa (técnica inglesa) o un tablero (técnica USA) donde se graficaba la información proveniente de todos los radares de la red; con todas las

imprecisiones y errores que ello implicaba.

Cuando la tecnología permitió presentar la información proveniente de todos los radares en una única pantalla, e incluso ¨realmente¨ fusionar la información correspondiente a un mismo blanco captado por diferentes radares y presentarlo como un único plot, se logró darle continuidad y refuerzo al seguimiento de ese blanco, ya que cuando no era captado por un radar lo era por otro.

Eso mismo es lo que se hace ahora con todos los blancos: aéreos, terrestres, y navales; o con las imágenes de la tierra; los distintos sensores aportan una parte de la información total, complementándose unos con otros.

Esto ha hecho que el manejo de la gran cantidad de información disponible se haya tornado complejo, y por lo tanto los métodos manuales para fusionarla o integrarla ya no resultan adecuados; siendo reemplazados por métodos automatizados, a los que se los suele denominar: fusión de datos o información, correlación multifuente, o integración de multisensores.

Este proceso de fusión de datos no debe ser considerado sólo como una forma de manipular grandes cantidades de datos, sino que sirve para completar y mejorar la información brindada por el sistema de sensores en su totalidad, permitiendo explotar tanto la operación de múltiples sensores que se complementan entre sí, como la de los que se utilizan en forma específica.

De esta forma, a través de la fusión se pueden utilizar todos los datos disponibles, no importa cual sea su origen, con lo que, como recién dijimos, se logra completar al máximo la información que se necesita y al mismo tiempo con su máxima certeza.

Si nos trasladamos en la historia, con las salvedades del caso, podemos tomar como referencia al General Montgomery, cuando durante la Segunda Guerra Mundial realizaba una pseudo-fusión, utilizando como sensores a oficiales de confianza, que tenían una misma forma de percepción.

Todas las mañanas los enviaba a todas las áreas del frente, para que a la noche regresaran y le contaran la situación; y aunque la información no era en tiempo real, para los CR de esa época era adecuada; recurriendo al único elemento disponible para realizar la fusión: su mente.

A este proceso los Comandantes lo pueden hacer ahora recurriendo a todo tipo de sensores, aún cuando no le pertenezcan, recibiendo la información ya fusionada y en tiempo real.

Una gran ventaja adicional que tiene la información fusionada es que una vez distribuida brinda a todos los involucrados una percepción común, a veces denominada COP (Common Operational Picture / Imagen Operativa Común).

Esta percepción común les permite a todos saber qué es lo que está pasando, saber donde está el enemigo, pero además saber donde están las propias fuerzas y lo que están haciendo, lo que a su vez baja la probabilidad de fraticidio, dando más libertades para actuar.

Hay que tener cuidado con los algoritmos de fusión, pues algunos llenan los datos que no se poseen como ¨hechos¨ con ¨suposiciones¨; sin que el que recibe la

información final sepa qué es hecho y qué es suposición.

Manejo de los Sensores

La fusión resuelve un problema pero lleva a otro; el adecuado manejo de los sensores para asegurar que su asignación y empleo serán óptimos; lo que requiere que la distribución de los recursos de sensores sea efectuada según determinados criterios, por ejemplo la prioridad de las amenazas, perdiendo la exclusividad de pertenencia a determinada organización.

Por ahora, a esto también se debe agregar que la mayoría de los sensores actuales fueron diseñados cuando todavía no se le prestaba mucha importancia a la fusión, por lo que suelen entregar la información en formatos completamente incompatibles.

Por suerte, cada vez más los datos que entregan son en forma digital, lo que hace que sea más sencilla la fusión de las imágenes y señales provenientes de distintos sensores.

Asimismo, ya vimos que los sensores se comportan en forma diferente al captar sólo aquellas determinadas características o fenómenos físicos que son posibles de ser detectados o medidos por cada uno.

Incluso en algunos casos, lo que captan no es directamente el blanco o el evento en sí, sino que lo hacen indirectamente al detectar algunas características relacionadas, por ejemplo: a lo mejor no se puede captar un misil, pero si la radiación IR de su cola de gases, o las emisiones de las señales para controlarlo.

Por eso es fundamental conocer perfectamente las capacidades y limitaciones que poseen los sensores, para realizar mediciones referidas en forma espectral, espacial y temporal; y así saber cual es el más adecuado, y si puede o no servir para determinada aplicación.

A esto se le deben sumar las características propias de las plataformas portadoras de esos sensores, las que también determinarán capacidades y limitaciones.

Otro factor a considerar es que los sensores pueden estar ubicados en una misma plataforma o instalados en diferentes plataformas aéreas, terrestres, navales o espaciales, y separadas por muchos kilómetros.

Asimismo, la percepción de un mismo blanco o evento que van a tener los diversos sensores va a ser desde diferentes ángulos y distancias, y en momentos diferentes; pero todos van a captar y registrar de una forma u otra datos sobre ¨ese¨ elemento, y lo van a describir, también de una forma u otra.

Como lo captan de diferentes formas y en diferentes momentos, va a haber una pequeña diferencia en la descripción que cada sensor hace del elemento; y la fusión también consiste en ajustar esas diferencias.

Como vemos, todo esto hace que el proceso de fusión sea sumamente complejo, y también complejo y sobre todo difícil el manejo integral que se debe hacer de los sensores, si se pretende su óptima utilización.

Referencia Geotemporal

Por lo que hemos visto, la fusión consiste en tomar lo que cada sensor brinda en forma individual para conformar un todo, mucho más completo y preciso que si fuera la mera agregación de datos aislados e independientes.

También vimos que la información debe presentarse como productos visuales para que sean fácilmente asimilables.

Por ello, para que la fusión sea correcta, se debe buscar un elemento común al que toda la información debe estar referenciada. Este elemento común está conformado por:

- Las coordenadas geográficas del blanco, evento o imagen, con una ubicación geoespacial (3D) lo suficientemente precisa (pocos metros).
- El momento de la captación de los datos, para poder establecer su correlación y evolución a través del tiempo.

Por eso se habla de ubicación ¨geotemporal¨.

La mayoría de los sensores miden posiciones relativas en ángulos y distancias, por lo tanto, si se sabe la posición precisa del sensor, se puede determinar la del elemento detectado. Y también por carácter transitivo, la posición del sensor se conoce por la ubicación de la plataforma que lo porta.

Por supuesto hay problemas y errores, ya que hay muchos factores intervinientes, como orientaciones de la plataforma y el sensor, actitud, estabilidad, ángulo de deflexión, y alineamiento, entre otros.

Asimismo, es común que los sensores tengan diferentes precisiones y resoluciones espaciales, así como que midan en distintos sistemas de coordenadas.

En cuanto al tiempo, además de los diferentes momentos en que los sensores detectaron un mismo evento; desde que los datos son captados hasta que se fusionan tienen procesos distintos, y también son distintos los tiempos que demanda su transmisión al lugar de la fusión.

Esto hace que la información a veces llegue desordenada desde los distintos sensores, y como hay una tendencia natural a darle más importancia a lo que llegó primero, se corre el riesgo (probado en ejercicios) que, con la misma información pero con el orden de recepción alterado, se obtengan apreciaciones completamente distintas de una misma situación.

A estas consideraciones se debe agregar otra respecto a los satélites comerciales. La información que éstos brindan es tan buena como la proveniente de los satélites militares, pero la diferencia está en el tiempo para la entrega de los datos, los que normalmente superan el disponible por los CR; a veces, producto del procesamiento en sí, otras, intencionalmente demorados por el dueño del satélite para que la información, aunque cierta, sea obsoleta.

Esto nos muestra que la fusión de los datos provenientes de los sensores requiere muy buenas capacidades de transmisión de datos, en especial en tiempos para transmisión, y asimismo muy buena información de la posición precisa de

los sensores; por eso, cuando se habla de sensores, continuamente se hace referencia a la información geotemporal precisa.

Por suerte se posee la solución a esta necesidad de lograr que la información sea referida en forma geotemporal, aunque por ahora en manos de USA, y es el sistema GPS, del cual se puede obtener tanto la precisión en posición (coordenadas geográficas de la plataforma del sensor) como en tiempo (GPS´s clock).

En el caso de la información satelital, algunas imágenes no dan la posibilidad de conocer con precisión las coordenadas geográficas, por lo que necesitan un preproceso especial, utilizando un soft que permita tomar una imagen satelital y determinar con precisión las coordenadas de cualquiera de sus puntos directamente en pantalla.

Si se dispone de coordenadas precisas, se hace posible también la fusión de imágenes de distinta procedencia, por coordenadas y no por superposición.

Fusión Según el Uso

Aunque el objetivo de la fusión es brindar a todos la información obtenida por todos los sensores, existe una orientación prioritaria de las fusiones según su uso.

Estas orientaciones permiten agrupar a los sensores según la prioridad sea para:

- Brindar información de la situación:
  - Para planeamiento y toma de decisiones en los centros de C^2.
  - Para saber que está pasando (situational awareness).
- Asignación de blancos (targeting) a sistemas de armas, utilizando:
  - Varios sensores en una misma plataforma de reconocimiento y marcación de blancos.
  - Distintos sensores montados en plataformas diferentes.
  - Los sensores del propio sistema de armas.
- Uso directo de la plataforma portadora para navegación, saber que está pasando, etc.

En todos los casos, incluso el último, los datos obtenidos por los sensores van a ser transmitidos a un Centro o Estación de Fusión, que puede estar montado en una plataforma aérea, terrestre o naval, desde donde luego serán derivados a todos los usuarios.

FUSION PARA INFORMACION DE LA SITUACION

Recientemente utilizamos como ejemplo la fusión de la información para uso en los CIC de Defensa Aérea, y anteriormente hablamos del concepto ¨network centric¨ (centrado en la red), iniciado originalmente por USNAVY y que consistía en fusionar la información proveniente de todos los sensores de todos los buques de una Fuerza de Tareas para presentarla a todos como una única información.

Estos conceptos han seguido evolucionando, y la aspiración es a fusionar y presentar la información proveniente de todo tipo de sensores y referida a todos los ambientes geográficos: terrestre, aéreo, naval, y espacial, en forma completamente fusionada e integrada.

De esta forma el concepto previo de ¨network centric¨ está pasando a ser ¨information centric¨ (centrado en la información); y por supuesto ha dado pie al acuñado de un nuevo término: ¨infosphere¨ (infósfera).

Lo último al respecto: USA primero, y ahora asociado con algunos países europeos, están desarrollando un proyecto para que disponga de información fusionada e integrada de cualquier parte de la tierra, al que denominó ¨Global Information Grid¨ (GIG / grilla (entramado, red) de información global).

FUSION PARA TARGETING

Hasta la guerra del Golfo, para la asignación de un blanco, primero éste era captado por un sensor de reconocimiento, la información era enviada al centro de planeamiento (C^2) y éste asignaba la misión a un sistema de armas, que usaba sus propios sensores para detectar nuevamente y atacar al blanco.

Después de la guerra del Golfo se buscó el concepto sensor-shooter (sensor – tirador), en donde una plataforma de reconocimiento (un U-2 por ejemplo) utilizando sus sensores asignaba-marcaba el blanco al shooter (un F-15 por ejemplo).

El concepto era ¨un¨ sensor – ¨un¨ shooter. Con las posibilidades que surgieron para realizar la fusión, y con las posibilidades de hacerlo en tiempo real (dentro de la ventana de tiempo del blanco), el concepto pasó a ser el de utilizar varios sensores, en la misma o distintas plataformas, para que complementaran entre sí sus características de captación y así obtener mejores capacidades: de detección, de definición del blanco, de precisión en su localización, y su posible identificación.

Este concepto, que por supuesto está siendo desarrollado por USA, y pronto será seguido por los demás países, está orientado sobre todo a la asignación de blancos móviles terrestres, y ha sido denominado AMSTE (Affordable Moving Surface Target Engagement / posibilidad de enganche de blancos móviles de superficie).

Consiste en utilizar varias plataformas con sensores que permiten una precisión de posición (CEP) del blanco de 10 metros, y pasan esta información a un avión de combate (shooter – tirador) para que lance sus armas basado en las coordenadas GPS del blanco. Por sus capacidades, tanto los sensores como el shooter actúan relativamente desde fuera del alcance de la mayoría de las armas que defienden al blanco (más de 10 km).

Esto también ha reafirmado una clasificación que se hacía de los blancos terrestres en: ¨movers¨ (logísticos), ¨shooters¨ (tiradores), y ¨emitters¨ (emisores).

Sea que los sensores estén en diferentes plataformas o en una misma, o sean

los propios de los sistemas de armas, no sólo se va a realizar una fusión de lo que captan, sino que unos van a manejar (orientar, apuntar y ajustar) automáticamente a los otros.

El proceso normalmente comenzará con un SAR detectando los blancos o las áreas de interés, para luego apuntar los sensores EO o IR, de mejor definición pero de FOV y alcances mucho menores.

Lo complejo de la tarea y la gran cantidad de información y medios a manipular ha hecho que se consideren 3 tipos de grillas, entramados o redes:

- Una grilla de sensores (sensor grid) para manejar los sensores.
- Una grilla de información (info grid) para procesar y distribuir la información.
- Una grilla de sistemas de armas disponibles (shooters-efectors grid) para actuar.

Los Centros de Fusión

Salvo para los casos de asignación de blancos en tiempo real (sensors-shooters) en donde lo prioritario es el tiempo y los sensores son relativamente pocos, la magnitud de la información a procesar hace que se requieran centros o estaciones de fusión, normalmente emplazados en la retaguardia, en donde se efectúa la reunión y procesamiento final de los datos provenientes de todos los sensores, su fusión, y su distribución como información a todos los usuarios, para que sea integrada con el resto de las fuentes de información y analizada.

Por supuesto, esto nos está indicando que se necesitan muy buenos sistemas de transmisión de esta información, y al mismo tiempo, nuevos elementos dentro del Sistema de Información que pueden ser degradados, y que requieren protección.

Ventajas de la Fusión

El uso de múltiples sensores complementándose unos con otros y la fusión de los datos obtenidos permiten mejorar notablemente las capacidades para la localización de elementos clave del enemigo, como los sistemas de armas que son amenaza (los de defensa aérea), los Centros de C^2, los nudos de comunicaciones, los lugares de reabastecimiento, lugares de reunión de fuerzas, y todo elemento que resulta crítico para el resultado del combate.

Si se compara con el uso aislado de los sensores, se aprecia que lo obtenido por la fusión y manejo integrado presenta las siguientes ventajas:

- Un mayor cubrimiento espacial, al poder distribuirlos mejor.
- Un mayor cubrimiento temporal, por la misma razón.
- Un mejor rendimiento, ya que unos compensan las deficiencias o vulnerabilidades de otros.

- Una mayor certeza, al ratificar los datos, disminuyendo ambigüedades.
- Una mayor confianza en los datos, como consecuencia de lo anterior.
- Una mayor precisión geoespacial.
- Una mayor confiabilidad del sistema total por sus redundancias.
- Una mayor resistencia a los intentos de degradación del enemigo.

Pero lo más importante es que la fusión brinda una imagen completa e integrada, y más aún, como se distribuye a todos los involucrados, se logra que éstos posean una percepción común de la situación, con todo lo que ello significa.

La Integración

Como ya dijimos, utilizar los términos ¨fusión¨ e ¨integración¨ es al sólo efecto de reforzar como concepto la discriminación entre la información obtenida por sensores (fusión) y la proveniente de diversas fuentes (integración).

Ya vimos que la fusión de los sensores es mucho más dinámica que la integración con las otras fuentes; resulta más simple para su proceso, manipulación y transmisión, ya que su formato es digital, con todas las ventajas que ello implica.

No sucede lo mismo con la información provista por otras fuentes, y que requiere procesos más arduos para convertirla en un formato que permita su integración; e incluso muchas veces sólo estará relacionada y accesible a través de una referencia.

La mejor forma de explicar como es el procedimiento de integración es utilizando como ejemplo lo que se hace en internet cuando alguien desea saber sobre un determinado tema.

Lo coloca en un sitio en la red, y todo aquel que tiene alguna información al respecto la vuelca; al poco tiempo, no sólo el que preguntó, sino todos, disponen de abundante información sobre el tema.

Por supuesto, habrá información muy valiosa, otra que será pura hojarasca, e incluso encontraremos información errónea maliciosamente agregada.

En nuestro caso, este último será nuestro enemigo cuando logra entrar a nuestros sistemas.

Lo que debemos hacer con toda la información obtenida es ¨integrarla¨, para transformarla en un conocimiento adecuado del tema. Para ello tendremos que realizar un cribado de todo lo disponible, para descartar lo erróneo o malicioso, y al mismo tiempo discriminar y clasificar el resto de la información según su calidad y confiabilidad.

Para apreciar la importancia de una buena integración resulta interesante referirnos a un hecho de la guerra árabe-israelí ya mencionado antes por otro motivo.

Los israelíes tenían perfectamente identificados y localizados los radares que poseía Egipto en la ribera occidental del canal de Suez, pero no tenían suficiente información sobre sus fuentes de energía; hasta que un buen día, en

mitad de un vuelo SIGINT, de pronto gran parte de los radares dejaron de emitir al mismo tiempo.

Un par de días después, en un diario de El Cairo apareció la noticia que algunas ciudades habían tenido problemas de suministro eléctrico.

La integración de ambas informaciones indicaba que los radares que dejaron de operar estaban conectados a esta red eléctrica.

Por lo tanto el planeamiento fue sencillo; llegado el día del ataque, sólo fue cuestión de inutilizar la estación de transformación de electricidad para que los radares dejasen de operar, y los aviones pudiesen penetrar sin ser detectados.

Hay otro aspecto a considerar también respecto a la integración; hasta hace poco, en algunos países el concepto era que cada cual tenía su ¨propia¨ organización de inteligencia y sus ¨propios¨ medios de obtención y reconocimiento, orientados hacia su ¨propia¨ misión.

Los sistemas eran compartimentados, y muchas veces incompatibles; y otras veces, las más, egoístamente guardados y negados a los otros, restringiendo al máximo la diseminación de la información obtenida, con la excusa de preservar el secreto; y tanto los requerimientos como la información obtenida se desplazaban verticalmente, siguiendo la cadena de mandos. Cuando la información llegaba al que la había solicitado, era sólo anécdota.

Ahora en cambio el sistema es completamente abierto; todos obtienen información para todos.

El producto final de la integración debe ser un sistema de información concebido de forma que todo el mundo pueda sacar y meter información. De esta forma el aprovechamiento de los medios será el máximo, la percepción de la situación que todos tendrán será lo más completa y en tiempo real que sea posible, y al mismo tiempo será una percepción común (la misma para todos), con todos los beneficios que ello implica.

Por supuesto, ello requiere una mayor coordinación para lograr un empleo eficiente de los medios, por lo que no basta con tener sensores u otras buenas fuentes de información, sino que hay dos tareas que se deben realizar:

- Explotar toda la tecnología disponible de la información, para asegurar la optimización de las operaciones, su tempo y su coordinación.
- Asegurar que no poseeremos un talón de Aquiles, algún punto vulnerable por donde el enemigo pueda entrar para hacernos daño u obtener información.

El objetivo a alcanzar es que la información debe estar disponible en todo momento para todo aquel que la necesite; lo que nos lleva a otro problema que veremos más adelante: la adecuada distribución de esa información.

EL ANALISIS DE LA INFORMACION

Aquel que toma las decisiones necesita saber con claridad cual es la situación

imperante para poder obrar en consecuencia.

Esta situación está referida, como ya vimos antes, al enemigo, a las propias fuerzas, y al ambiente involucrado; y será fruto directo, en gran medida, de cómo se realice el análisis de la información disponible, en especial la referida al enemigo.

Análisis de las Imágenes

En el caso de las imágenes, su formato digital permite una fácil manipulación haciendo un uso intensivo de computadoras, por ejemplo para comparar las imágenes, ya que resulta sencillo superponerlas y utilizar un soft que nos presente sólo:

- Lo que ahora está y antes no estaba.
- Lo que estaba y ahora no está.
- Lo que se movió.
- Lo que no se movió, pero tendría que haberlo hecho.

De esta forma, el analista se concentrará sólo en esa parte de la imagen, y no perderá tiempo buscando en toda ella por igual, tratando de detectar él con sus ojos que es lo que cambió.

Esta fácil superposición y análisis va a resaltar cualquier cambio por pequeño que sea, y por más que el enmascaramiento sea perfecto, el soft va a indicar, por ejemplo, que ese grupo de árboles ayer no estaba.

Con esta técnica de análisis, no habría tenido ninguna posibilidad el engaño realizado por los alemanes durante la segunda guerra mundial en el puerto de Hamburgo, con un falso puente y el ocultamiento del puerto interior como si fuera parte de la ciudad; uno de los clásicos presentado siempre como ejemplo del enmascaramiento; ya que el falso puente y la falsa parte de la ciudad habrían resaltado, no por ser diferentes a su entorno, sino porque en las imágenes anteriores no estaban.

En esta técnica de comparación de imágenes también ha ayudado muchísimo el uso de los fractales cuando se están buscando determinados blancos, posibles de ser representados por un fractal, ya que no se necesita buscar algo con una forma parecida al blanco dentro de la imagen, sino que directamente se hace correr el contenido de la imagen, convertida en conjuntos de fractales, contra las fórmulas fractales de los blancos, y cuando el equipo encuentra algo parecido, lo presenta para su análisis detallado.

Igualmente, para facilitar el análisis por comparación se construyen modelos 2D y 3D de los blancos o elementos. Al ser 3D se los puede rotar o girar para apreciarlos según la información que tiene el analista, y así ser más fácil la comparación.

Esto es complementado con modelos 3D de aquellas partes del terreno sobre las que se realiza el análisis (los que vimos en imágenes de la tierra).

También resulta de suma utilidad, aún cuando en este caso se lo utiliza para

el análisis, el soft desarrollado para el reconocimiento automático de blancos.

La facilidad para superponer y quitar a voluntad imágenes y otros datos, no importa la escala en que se encuentren, ha mejorado notablemente el análisis, ya que el agregado continuo a la imagen de base, de información que va completando la situación, facilita el análisis ya que no se parte de cero cada vez.

Esta es una cosa que, aunque antes se trataba de hacer mediante la superposición de acetatos sobre cartas, era engorroso cuando no peor que no tener graficada la información; a lo que había que agregar la ley de Murphy de que siempre el hecho importante sucedía en la unión de cuatro cartas.

Algunas Precauciones

Como la información de imágenes que se manipula es digital, se debe tener cuidado y realizar un análisis hasta nivel de bits para no encontrarnos con sorpresas, en especial si las imágenes no fueron obtenidas por nosotros; ya que la imagen puede contener mucho más información que la imagen misma.

Recordemos lo que ya vimos, el ojo humano tiene capacidad para distinguir hasta 6 bits por pixel; si la imagen que tenemos utiliza 8 bits por pixel, hay dos bits disponibles para esconder información; si utiliza 24 bits (16 millones de colores) y la imagen es de 2000 por 2000 pixels, se dispone de lugar para esconder 9 Mbytes de información.

Esta puede tranquilamente ser información maliciosa, escondida por el enemigo en imágenes inocentes que bajamos de internet; o, puede haber sido agregada (pegada) a la información de nuestros sensores en alguno de los pasos de transmisión de la información.

Otras Cosas a Buscar

Durante la época de paz suele suceder que cuando se realiza el análisis sobre el posible oponente, a veces se centra en saber qué es lo que tiene, y en tratar de localizar dónde lo tiene.

Rara vez se analiza: ¿para que lo tiene? y ¿por qué lo seleccionó?. Si uno busca respuesta a estos dos interrogantes, probablemente pueda determinar la posible aplicación de nuevas tácticas o procedimientos a emplear con ese equipamiento.

Igualmente, también rara vez se realiza lo que se denomina Inteligencia Técnica; y que se refiere a tener en cuenta los desarrollos tecnológicos extranjeros de cualquier tipo, que pueden tener eventual aplicación para uso militar.

Veamos un ejemplo que muestra una falla en este tipo de análisis.

Durante la guerra del Iom Kipur los israelíes sufrían derribos de algunos aviones sin saber por que; hasta que descubrieron que el causante era el SA-6, cuyas emisiones no eran detectadas ni por los RWR de los aviones de combate ni por los sistemas ELINT, debido a que operaba en onda continua, y los equipos

israelíes sólo buscaban señales de pulso.

La onda continua era una nueva tecnología en radares de SAM, pero la falla israelí radicó en que ellos conocían la tecnología, y ya había equipamiento occidental, el Hawk, que operaba en onda continua.

No interpolar la nueva tecnología para considerarla una posible amenaza les significó el fracaso de varias misiones, y la duda de generar otras hacia la misma zona, más la urgencia que debieron aplicar en el desarrollo de contramedidas para degradar la nueva capacidad egipcia, acompañada por trastornos operativos, técnicos y logísticos (debían retirar los aviones de primera línea para modificar su aviónica), en pleno desarrollo de la guerra.

El Exceso de Información

Este es uno de los mayores problemas que se deben enfrentar actualmente.

El aumento de la cantidad de información disponible no garantiza la certeza, por el contrario, potencialmente incrementa la ambigüedad, y sobre todo incrementa los tiempos requeridos para digerir todos esos datos.

Por eso tanto la organización de los Estados Mayores como los procedimientos y métodos analíticos se deben ajustar para poder lidiar con el flujo cada vez más rico, más veloz y más voluminoso de la información. El desafío es encontrar procedimientos de análisis y de toma de decisión no sólo más rápidos, sino mejores.

Este es, por ejemplo, uno de los problemas de USA con el programa ¨Future Imagery Architecture¨ (FIA / futura arquitectura de imágenes). Este desarrollo consiste en satélites espías que obtendrán de 5 a 20 veces más información que los actuales, a partir de 2005.

El problema de USA es que no dispondrá de los medios y el personal suficientes para procesar, analizar y distribuir toda esa información.

Como vemos, de nada sirven los súper sensores si la información no va a estar disponible para quien la necesita, en forma adecuada y oportuna.

Actualmente, el mayor riesgo es que se reciba tanta información que frustre la habilidad de identificar rápidamente cual es la información crítica para la decisión del momento.

Por eso es necesario fijar criterios para discriminar la información que se recibe en:

- La que realmente se necesita.
- La que resulta bueno tenerla.
- La que es irrelevante.
- La que es potencialmente distrayente o que confunde.

Aún cuando la información que brindan, especialmente los sensores, está disponible en tiempo real, debemos ser cautos en su empleo; esto es debido a que las fuentes de información son imperfectas y susceptibles de distorsión y decepción, por lo que los usuarios deben evaluar cuidadosamente la calidad de la

información antes de emplearla.

Como recién dijimos, el procesamiento y análisis de la información, y la organización del Estado Mayor, en particular Operaciones, deben estar concebidos de forma tal que el que toma las decisiones pueda discriminar entre la información necesaria, la suficiente, y la deseable para actuar, tomando como base que la información que posee es suficientemente buena.

A esta abundancia de información se le debe agregar otro factor: la malicia del enemigo, que probablemente permitirá que obtengamos información errónea, para orientar nuestras decisiones a su favor.

Un ejemplo: la batalla de Alam Halfa del 31 AGO 42 (en la actual Israel), que para muchos es el punto de pivote de la campaña de Rommel en Africa.

Los tanques alemanes que avanzaron tratando de rodear a los británicos quedaron atrapados en una zona de arena blanda a la que entraron confiados, basados en la información de un mapa que recuperaron del cadáver de un Mayor británico, mapa que tomaron por auténtico y que indicaba que esa era una zona de arenas duras, apta para el tránsito de los tanques.

Lo insólito es que ese mapa fue ¨plantado¨ por los británicos en el cadáver del que fuera el principal informante de los alemanes dentro del Estado Mayor británico.

Este era un Mayor que, descubierto, fue obligado a llevar el mapa y dirigirse con un vehículo hacia las líneas alemanas, donde fue volado antes de llegar. Los alemanes encontraron el mapa y lo tomaron por cierto.

Ahora no es necesario montar toda una escena macabra y matar espías para darle información falsa al enemigo; sólo son necesarias dos máquinas (computadoras), una que engaña y la otra que cree.

Acabamos de ver que la abundancia de información es uno de los mayores problemas con los que se debe lidiar. Esto nos muestra que una forma simple de producirle daño al enemigo es saturándolo con información basura, que debe procesar sin saber si es válida o es buena.

Por ejemplo, podemos llenarle las imágenes con información que reaccione como que cambió, apareció, se movió, etc.

Otro ejemplo es atacar sus sistemas COMINT, transmitiendo permanentemente información y datos inocuos para saturar su capacidad de análisis.

Si sólo transmitimos lo mínimo, el enemigo tiene tiempo para hacer un buen análisis; si transmitimos continuamente, el enemigo tendrá que procesar y analizar todas las transmisiones, ya que no puede saber qué parte de lo que ha captado es hojarasca y qué parte es información cierta, con lo que tendrá que dedicarles más tiempo, medios y personal, con la posibilidad siempre latente de la saturación.

Como síntesis, aún cuando hablamos de máquinas que engañan y que se dejan engañar; podemos decir que en la realidad todo depende al final de las mentes que se van a enfrentar.

LA DISTRIBUCION DE LA INFORMACION

A continuación utilizaremos el término ¨distribución¨ de la información, en lugar del clásico ¨diseminación¨, a fin de evitar atarnos inconscientemente a conceptos ya existentes que subjetiven nuestro análisis.

Información a Todos y a Tiempo

Cuando se estudian las acciones y operaciones militares, es común encontrar que el motivo por el que muchas de ellas fracasaron fue la falta de información; pero al profundizar el análisis y considerar toda la situación, uno nota que la información estaba, que era correcta, pero que no llegó a quien la necesitaba, o no llegó a tiempo.

En la guerra del Golfo, una de las mayores quejas era que la información no llegaba a tiempo a los comandantes intermedios.

Otra observación que hizo el General Schwarzkopf: la información estaba redactada en una forma tan ambigua que no definía nada, daba lo mismo cualquiera fuera la situación.

Y este problema de la falta de información no sólo se refiere al enemigo, también a las fuerzas propias y amigas.

De los análisis también surge que muchas operaciones habrían tenido un resultado diferente si el de al lado hubiese sabido qué estaba pasando; ya que podría fácilmente haber ayudado al éxito de la operación, pero no se enteró; es más, muchas situaciones de fraticidio se producen por no saber lo que está pasando.

Ya desde mediados de la década 80, pero sobre todo como resultado de la guerra del Golfo, se comenzó a buscar una solución a este problema de falta de información; y esa solución consiste en asegurar que la información disponible llegue **a todos** los involucrados, y llegue **a tiempo**.

Esto significa que se deben lograr dos objetivos:

- Un máximo aprovechamiento de la información que se obtiene.
- Una percepción común de la situación, por parte de todos los involucrados.

Para satisfacer estos objetivos, es fácil deducir que se deberá disponer de un óptimo sistema de distribución de la información, el que deberá asegurar que las propias fuerzas podrán reaccionar en forma consistente con la forma en que se desarrolla la batalla, y antes que lo haga el enemigo; que puedan superarlo aprovechando la cuarta dimensión de la que tanto se habla: el tiempo.

Es decir, insistiendo con nuestro concepto, que actúen dentro del CR del enemigo.

La información que se debe distribuir es por demás abundante, ya que comprende tanto datos de inteligencia como operacionales y logísticos, y pueden estar referidos, por ejemplo, a:

- Una visión completa de la batalla.
- Una visión súper detallada de una situación táctica que se está desarrollando rápidamente.
- Información de cuales sistemas de armas están disponibles para ser empeñados contra un blanco de oportunidad.
- La ubicación de un convoy de abastecimientos.
- La localización de un repuesto crítico.
- Etc.

Esto ya va bosquejando cual es el problema a resolver, y que constituye un concepto clave: **todos** tienen que **tener acceso** a la información, pero también **todos** tienen que **aportar información** al sistema para que en realidad sirva.

Ello por supuesto lleva a un replanteo de la forma ¨clásica¨ en que se manipulaba y distribuía esa información, ya que como dijimos al principio, esa información debe llegar **a todos** y **a tiempo**.

¿Como hacer para que todos los que tienen sensores o captan u obtienen información la provean, y todos los que necesitan información (para tomar decisiones o para empeñar sus armas) la obtengan?

La respuesta es ¨broadcast¨, o propagación/propalación de la información.

Esta gran cantidad de información a manipular, distribuir y utilizar por todos ha dado origen a lo que algunos llaman ¨info grid¨ (grilla o entramado de la información), ya que todos los involucrados, no importa su nivel, tienen acceso para meter y para sacar información.

El primer concepto a cambiar es el de uso exclusivo, el ¨es mío¨, de los medios de obtención de información.

Hasta ahora cada cual se servía de sus propios sensores o fuentes para obtener la información que a él interesaba; con el nuevo concepto, la información es para todos, no importa quien sea el que la obtenga.

Antes, cuando analizamos los sensores, consideramos a los de todo tipo, ya que todos nos interesan, no importa cual sea su alcance o el lugar donde se encuentra instalado.

Hasta hace unos años los sensores no se compartían; algunos eran sensores para uso específico de la plataforma portadora, normalmente usados para la detección y ataque a blancos o para autodefensa, con alcances acordes a las necesidades de esa plataforma.

Había también sensores dedicados exclusivamente al reconocimiento, y se marcaba una diferencia entre los que eran de uso táctico y los de empleo estratégico. Incluso había una actitud mental de rechazo a utilizar el de tipo táctico para actividades estratégicas y viceversa.

La tecnología, y sobre todo las nuevas facilidades que aparecieron para transmitir y procesar grandes volúmenes de información en tiempo real, modificaron el concepto; ahora, cualquiera sea el sensor que la obtenga, la información es transmitida a todos aquellos a los que les puede ser útil.

Un ejemplo está dado por la evolución en el uso de los RWS de los aviones; en un principio sólo era utilizado para alertar al piloto que estaba siendo iluminado por una amenaza, y en algunos casos, activaba las CME adecuadas.

Luego tuvo capacidad para grabar algunos parámetros de las emisiones que detectaba, y estas grabaciones eran usadas después del aterrizaje, como confirmación de la presencia de los emisores.

Finalmente, las facilidades de transmisión permiten ahora que todos los usuarios interesados, no importa su nivel, puedan disponer en tiempo real de la información que está captando ese RWS; y así cada cual usa esos datos, fusionados con otros, para sus propias aplicaciones.

Broadcast (propagación/propalación)

El problema que se tiene que resolver es: ¿como hacer para que toda la información disponible llegue al que la necesita y llegue a tiempo?

Este problema comprende 3 aspectos:

- Como distribuir la información.
- Quien la distribuye y quien la recibe.
- Como se recibe.

COMO DISTRIBUIR LA INFORMACIÓN

En el procedimiento clásico de diseminación de la información, el nivel superior, luego de determinar **a quién** enviar **qué** información, procede a hacerlo en forma secuencial y uno a uno a sus niveles inferiores, sea en forma vocal o electrónica; y estos niveles a su vez repiten el procedimiento con sus respectivos inferiores.

Esta forma de encaminar la información demanda tiempo, a lo que se suma: las grandes cantidades a distribuir, el retorno de la confirmación de su recepción o comprendido, y en algunos casos, la utilización de los canales asignados a enlaces de comando para encaminarla.

Todo esto significa grandes retrasos, idas y vueltas, y procedimientos repetitivos, con la posibilidad casi cierta de que la información no llegue a quien la necesita, o llegue cuando sólo sirva como anécdota.

Por eso la solución que se encontró es la distribución por ¨broadcast¨, por propagación o propalación, con el concepto de ¨todos informados¨: quien transmite la información lo hace a todos los que la quieren captar, en forma similar a como lo hace una emisora de radio o televisión, y sin esperar el comprendido o el acuse recibo.

Probablemente la comparación con lo que hacemos a diario sea la mejor forma de explicarlo.

Supongamos un alguien que quiere invitar a sus amigos a su cumpleaños; tiene dos opciones: llamarlos uno a uno por teléfono, o enviarles a todos un e-mail con el mismo texto de invitación.

Si lo hace por teléfono, los debe llamar de a uno por vez y utilizar para cada uno una línea específica. Todo esto le demanda un cierto tiempo; más amigos, más tiempo; y tiene que tener la suerte que su amigo no esté ocupando la línea.

En la otra opción, arma su e-mail, selecciona el agrupamiento ¨amigos¨ y hace click en ¨send¨. Usa una única línea por unos pocos segundos, y logra el mismo objetivo.

Siguiendo con el ejemplo, este alguien quiere enviarle a sus amigos una fotografía que tomó durante el cumpleaños; ¿cual es el procedimiento?. Saca la fotografía con su cámara digital, la introduce en la computadora, si desea la edita, selecciona el grupo de e-mail de sus amigos, y les transmite la fotografía en una única transmisión. Todos sus amigos la reciben y la utilizan como quieren.

Volviendo al sistema de distribución de la información que estamos analizando, un procedimiento similar al que recién describimos es el que se está procurando aplicar: todo lo captado por los sensores y obtenido por las diversas fuentes se distribuye por broadcast, a igual que hizo ese alguien con su fotografía; con la única diferencia que, en lugar de utilizar el internet público, lo harán a través de un intranet, que es específico y brinda seguridad.

De esta forma se simplifican los procedimientos y se agiliza notablemente la distribución, es más, tenemos que tener en cuenta que probablemente en el lugar donde se desarrollan las operaciones no habrá líneas físicas de comunicaciones, sino que utilizaremos sistemas de radio.

Por lo tanto, al hacer que la transmisión de la información sea en broadcast, se necesitará una sola frecuencia para hacerlo, mientras que en el método tradicional (punto a punto) se necesitaría una frecuencia para cada enlace, y esta no se puede repetir dentro de una cierta distancia mínima (70/80 km) por problemas de propagación y uso del espectro electromagnético.

Así, aunque la información a distribuir sea abundante, el hecho de transmitirla en un sólo sentido y por un sólo canal permite que sea transmitida en forma continua, y si la cantidad supera la capacidad de velocidad del canal, se la puede separar por tipo y transmitirla simultáneamente por canales separados.

Volviendo a los ejemplos: así como se hace con los canales de TV, por un canal puede ir todo lo que es meteorología, por otro todo el movimiento aéreo, en otro las amenazas terrestres, etc.

De esta forma la información fluye en un sólo sentido y es recibida pasivamente y en forma individual por todos los interesados. No la repiten unos a otros, pues se asume que todos la han recibido.

QUIEN LA DISTRIBUYE Y QUIEN LA RECIBE

Durante la guerra del Golfo, a pesar de los grandes avances que se poseía en cuanto a sensores, tomaba 4 días hacerle llegar al comandante de un batallón en el frente de combate una fotografía tomada por satélite. Cuando llegaba, la información ya era anécdota.

Esto se debía a que la información captada u obtenida era encaminada hacia la retaguardia, normalmente hacia el nivel estratégico-operacional, donde se analizaba para luego ser diseminada hacia el frente de combate (los niveles inferiores).

Esta forma de obtener información vía retaguardia, que es el estilo actual de hacerlo en muchos países, no permitía, ya en la guerra del Golfo y menos ahora, poder actuar por dentro del CR del enemigo.

No sólo eso, sino que torna inoperante toda la tecnología que uno pueda poseer en cuanto a sensores. Esto se da sobre todo en dos casos en particular, los blancos de oportunidad y la evaluación de daños o BDA (battle/bomb damage assessment).

En ambos casos la información debe llegar al sistema de armas a emplear en tiempo casi real; en el primer caso, dentro de la VTb, antes que el blanco desaparezca como tal; en el segundo caso, el BDA, para saber si un blanco debe ser atacado nuevamente o no; muchas veces se reatacan blancos que ya fueron destruidos.

Ya hemos visto ejemplos en donde la información es enviada directamente desde la plataforma sensora al sistema de armas (sensor-shooter). En el caso del BDA, se utiliza mucho en las armas de guía por TV vía misil, que la bomba que sigue muestre el efecto de daño de la anterior, e incluso presenta la ¨forma¨ actual del blanco para que pueda ser introducida a los sistemas de reconocimiento automático.

Otro problema que presenta el procedimiento ¨clásico¨ es que la información se clasifica y selecciona al más alto nivel, y es el más alto nivel el que decide qué es lo que necesita el inferior. Pero las experiencias muestran que no siempre los niveles superiores saben cual es la verdadera necesidad de información que tienen los niveles inferiores.

Por eso lo que se trata de hacer ahora, como ya lo estuvimos esbozando, es enviar la información, especialmente la de blancos de oportunidad, directamente al operador del sistema de armas, sea a la cabina del avión o helicóptero, sea al comandante del tanque, e incluso al jefe de la compañía o pelotón de infantería.

Pero la información debe llegar **a tiempo**, por eso el concepto actual, si se quiere actuar por dentro del CR del enemigo, ofrece como única opción que la información debe ser distribuida directamente a todos los usuarios por igual, en forma continua, y por sobre todo, a medida que se obtiene, procesa, fusiona, integra y analiza.

Quiere decir que la distribución no se hace recién después de la integración y análisis de la información, sino que se hace en forma permanente durante todo su proceso cualquiera sea el estadio, desde que es captada por el sensor hasta que es integrada y analizada, asegurando su recepción por el usuario en el mínimo tiempo posible.

Esta es la única forma en que se puede realizar para lograr accionar por dentro del CR del enemigo.

Pero además presenta otra ventaja, ya que brinda una posibilidad que a veces es muy importante, niega la posibilidad del síndrome de la ¨negación sistemática de la información¨ que pueden aplicar algunos niveles superiores; el clásico ¨si tiene dudas colóquele la clasificación de seguridad de estrictamente secreto y confidencial y archívelo¨.

COMO SE RECIBE

Siguiendo con los ejemplos domésticos, en los servicios de televisión por cable o vía satélite uno puede disponer de 2, 3 ó más canales dedicados a noticias, los que simultánea y permanentemente están ¨broadcasting¨ (propalando) información.

Quien quiere saber que está pasando sólo necesita sintonizarlos para recibir la información en forma completamente pasiva.

Otro ejemplo es el dado por las ¨mailing lists¨ a las que uno puede subscribirse vía internet. En este caso también, en forma completamente pasiva nos llegará información proveniente de diversas ¨fuentes¨, sobre temas generales o tan particulares como deseemos.

En algunos casos quien brinda el servicio hace un trabajo previo de selección de la información de todos los diarios del día referida a un determinado tipo de tema en particular, para luego agruparla y distribuirla a todos los subscriptores (usuarios).

Si los usuarios archivan esa información que reciben, la tendrán a su disposición cada vez que la necesiten; por supuesto, sus archivos deberán estar estructurados de forma tal que sea fácil acceder a toda la información que poseen sobre determinado tema.

Pero lo más probable es que la información que nos llegue sea excesiva, y nos llegarán datos que no nos interesan, para lo cual deberemos hacer una selección para quedarnos sólo con aquella información que sí nos interesa.

El ejemplo más explícito al respecto es el diario; a todos por igual nos llega el diario completo, pero cada cual (cada usuario) selecciona la parte que le interesa, ignorando (descartando) el resto.

Si adaptamos este ejemplo al ambiente militar, vemos que éste es el procedimiento que se debe aplicar con nuestro sistema de información para el C^2. De lo aportado por todos los sensores y fuentes de información debemos seleccionar sólo aquella parte que hace a las operaciones y al área en donde estamos involucrados.

De esta forma, es el usuario, cualquiera sea su nivel, el que hace la selección de la información que recibe, es él el que determina lo que necesita, cuando lo necesita, donde lo necesita.

Para realizar esta selección se utiliza una serie de ¨filtros¨ a la entrada del sistema receptor, basados en criterios fijados por el usuario; por ejemplo: por posicionamiento geográfico, y que automáticamente dejarán pasar sólo lo que interesa, rechazando la información que no coincide con los criterios fijados

como filtros, y que será directamente eliminada sin que ocupe espacio innecesario en memoria, o signifique retrasos en los procesamientos.

De esta forma, cada cual archivará la información según sus propias conveniencias, por lo que las bases de datos se conformarán en forma diferente aunque la información sea la misma; las bases de datos serán similares pero no idénticas, pues cada una obedece a las necesidades particulares de su usuario.

En este nuevo concepto los usuarios del sistema de información ¨sacan¨ sólo lo que les interesa, a diferencia del concepto anterior en donde los niveles superiores ¨metían¨ en los niveles inferiores la información que los superiores ¨creían¨ que los inferiores necesitaban.

Pero existe un gran riesgo, ya que como cada usuario selecciona lo que le interesa y descarta el resto, el problema ahora reside en asegurarse que el usuario seleccione **todo y sólo lo necesario**.

Si se equivoca en los criterios que establece como filtros, no tendrá la información que necesita y que llegó hasta la puerta de su base de datos, o la tendrá llena de basura inservible; de una forma o de la otra sus decisiones serán erróneas o por fuera del CR del enemigo, aún cuando tenía los medios para que fueran correctas y oportunas.

Todo aquel que alguna vez entró en internet habrá apreciado que lo descrito hasta ahora es similar al procedimiento que se emplea cuando recurre a un buscador para obtener información sobre determinado tema.

Debe referir el tema y tratar de acotarlo (colocar ¨filtros¨ de entrada – normalmente palabras definitorias) que describen con la mayor precisión posible lo que busca.

Probablemente también ha de haber experimentado frustración, porque, o no le apareció nada, o le apareció un montón de hojarasca, muchas veces mal referenciada desde su origen, y que le demanda horas y horas para realizar un cribado manual.

Lo mismo sucede con el sistema de información para el C^2; pero a diferencia de internet, que es civil, global y desordenada, nuestra internet específica, normalmente definida como ¨intranet¨, debe ser estructurada en forma precisa y ordenada, porque el mayor problema es el tiempo para encontrar la información, ya que nuestro CR debe estar por dentro del CR del enemigo.

Pero tenemos una ventaja que no tiene internet, uno de nuestros filtros de entrada será la posición geográfica a la que deberá estar referenciada la información, ya que con definir el área que nos interesa (aquella en la que desarrollaremos nuestras operaciones en particular) estamos eliminando gran parte de la información que no nos afecta.

Las Distintas Grillas o Entramados

Hasta ahora vimos que la información se distribuye por broadcast y que son los usuarios los que determinan cual es la información que necesitan.

Para seguir, volveremos a un ejemplo doméstico; los lectores han de estar familiarizados con los ¨grupos de noticias¨ y foros en internet; éstos consisten en un lugar en la red dedicado a un determinado tema, a él concurren todos los interesados en el mismo, tanto los que buscan información como los que la aportan; ya que todo aquel que tiene datos al respecto los sube al sitio.

Además, cuando alguien necesita saber algo en particular, presenta su interrogante en el sitio, y poco después los que poseen alguna información relacionada la aportan; estos datos no sólo quedan disponibles para quien los pidió, sino para todos los usuarios del sitio; aquel al que le interesan los toma, al que no, los deja.

Esta es la misma forma en que se procura trabajar con el sistema de información para C^2, y por eso ha surgido el concepto de ¨info grid¨, porque en realidad se forma una grilla o entramado de dadores y tomadores de información. Todos a la vez aportan y extraen información.

Hasta el Golfo, la tendencia había sido a hacer redes de comunicaciones exclusivas para inteligencia; después se revirtió, concibiéndose las redes como sistemas abiertos, o grillas o entramados (grid) en donde la red sirve tanto para la recolección como para la distribución de la información referida al enemigo, a las propias fuerzas, y al ambiente.

Al poco tiempo de experimentar con estas grillas se vio que funcionaban, y se las mejoró creando nuevas; así surgió la:

- Sensor Grid: que es el entramado que permite pasar la información directamente desde el sensor, apenas captada, a los sistemas de armas.
- Info Grid: la que estamos describiendo, que no requiere un tempo tan exigido, y que normalmente está conformada por la información de los sensores ya fusionada, o integrada con otras fuentes, o ya analizada.
- Efector Grid: orientada para que se pueda actuar dentro del CR del enemigo, este entramado conecta a todos los medios y sistemas de armas (efectores) que puedan actuar para lograr el efecto deseado.

Y por supuesto, se acuñaron nuevos términos, así el Network Centric de USNAVY, que pasó a ser Info Centric cuando fue adoptado por los otros Servicios de USA, evolucionó hasta ¨Infosfera¨, la que constituye el ambiente en donde se desenvuelve todo lo atinente a la información.

Estas grillas permitieron concretar un desarrollo que había comenzado con el JTIDS de USAF en la década 70, y que terminó llamándose ¨situational awareness¨ (que podemos traducir como ¨saber lo que está pasando¨); y es la información provista a las plataformas (avión, helicóptero, tanque, e incluso pelotón de infantería) de todo lo que está pasando a su alrededor y lo puede involucrar.

Los principales criterios (filtros) de selección de la información son: la posición geográfica, rangos y velocidades.

El ejemplo más explícito de esto es el que ya mencionamos del lanzamiento

de un SCUD; quien lo detecta lo distribuye por broadcast, y con esta información, los Patriot preparan la defensa, los medios del área de ataque buscan protección, los aviones en PAC de ataque se dirigen al sitio de lanzamiento, y Operaciones planifica nuevas operaciones en tiempo real.

Si se hace según la forma clásica, quien lo detecta envía la información hacia sus niveles superiores, y estos, siguiendo las vías jerárquicas, comunican la información a los involucrados uno a uno. Sin duda, el SCUD llegó antes.

Esta ¨situational awareness¨ distribuida por broadcast permite, como ya explicitamos, que todo mundo tenga información de que es lo que está sucediendo a su alrededor, la plataforma no depende sólo de los sensores propios, ya que todos le entregan información, no importa cuales sean las plataformas portadoras, el alcance o el uso primario del sensor.

Esta forma de distribuir y obtener información es esencial, ya que permite coordinar las operaciones, avisar a las propias fuerzas de la amenazas, y a la vez evitar que las propias fuerzas sean tomadas por enemigas, eliminando, o al menos disminuyendo notablemente, el fraticidio, lo que a su vez da más libertad de acción.

Una ventaja colateral de que todos tengan la misma información, es que los subordinados pueden entender fácilmente cual es el objetivo perseguido por las órdenes que reciben, evitando interpretaciones erróneas y sin necesidad de aclaraciones extras. Están viendo lo mismo que ve su superior; ambos tienen una percepción común.

Esta facilidad de acceso a la información ha abierto otra posibilidad, el fácil remisionamiento en vuelo para atacar nuevos blancos, con lo que se logra una extraordinaria libertad de acción y planeamiento.

Pero como es fácil deducir, para que todo esto funcione se necesita tener la capacidad para concebir un súper sistema de distribución; no súper en cuanto a la tecnología o complejidad del equipamiento, sino súper en cuanto a su concepción. Y al respecto y como ya dijéramos, antes que tratar de imitar a USA, lo que es una utopía para países como los nuestros, resulta interesante ver como encara Israel el problema.

No todo se basa en la situational awareness; ésta es la más crítica en tiempo para la distribución de la información, pero está orientada al uso directo por las plataformas. Hay otras dos situaciones en las que se necesita información sin que el tiempo sea tan ajustado, pero que son más complejas.

Una es la situación que se debe conocer para realizar el planeamiento inmediato, en tiempo real, con acciones por dentro del CR del enemigo; a la que podemos considerar como situación táctica, aunque su concepto no se ajusta a la clasificación clásica.

La otra situación está orientada al planeamiento mediato, que permite un análisis más detallado, completo, e integrado con mucha más información, normalmente dedicado a operaciones predispuestas, y que podemos denominar situación estratégica, en la que no es necesario que el planeamiento sea hecho en

tiempo real.

En resumen, la distribución de la información (todos a todos) debe satisfacer a tres situaciones:

- Para uso directo de las plataformas (situational awareness).
- Para el planeamiento en tiempo real (para decidir YA).
- Para el planeamiento mediato (varias horas o días de tiempo).

Restricciones del Acceso a la Información

Esta posibilidad de acceder con facilidad a la información presenta un problema serio: que el enemigo también pueda acceder, y así saber que es lo que nosotros sabemos.

Saber que es lo que sabe el enemigo es uno de los máximos de la inteligencia, aun cuando sea parcial, limitado a un cierto espacio geográfico, como sería el caso en que el enemigo capturara la laptop de un pelotón de infantería.

Pero hay muchas formas de negarle al enemigo el acceso a nuestra información.

Mientras el enemigo no tenga acceso a nuestro equipamiento, basta con que el sistema de información sea montado en una intranet con adecuadas medidas de seguridad, o que el equipamiento de comunicaciones tenga determinadas características particulares de procesamiento de las señales a transmitir y recibir.

Ahora bien, ¿que sucede en caso que alguno de los terminales de los usuarios sea capturado? Esta posibilidad requiere que las terminales tengan sistemas de seguridad que impidan su utilización por personal no autorizado, en forma similar a los password de internet pero mucho más complejos, y la autodestrucción de la información en caso de intento de crack o después de un cierto tiempo en el cual el equipamiento no fue operado.

Esta necesidad ha desarrollado un sinnúmero de medidas de seguridad que se aplican tanto en el equipamiento y las técnicas de transmisión (TRANSEC – TRANsmission SECurity / seguridad en la transmisión) como en el contenido (datos, voz o video) que se transmite (COMSEC – COMmunication SECurity / seguridad en las comunicaciones).

Debido a la nueva concepción en cuanto a la forma en que se distribuye la información, también existen problemas cuando se debe compartir la información con aliados y no se les quiere dar todo lo que se posee; este es el caso normal de USA cuando interviene en coaliciones u operaciones de Naciones Unidas.

Para solucionarlo USA utiliza dos procedimientos; uno es la codificación del direccionamiento, para asegurarse que la información será accesible sólo al que posea el código correspondiente. Esta codificación le permite regular la información a proveer según diferentes niveles para los diferentes aliados.

El otro procedimiento es la degradación voluntaria de la información disponible; la forma más sencilla de hacerlo es diluyendo la precisión o la

definición, aunque ahora también, debido a los tiempos involucrados, una forma sencilla de degradar la información es retardar su entrega.

Este último procedimiento, retardar la entrega, también lo aplican USA y otros países para la provisión de imágenes con definiciones aptas para uso militar obtenidas por satélites comerciales, y que por tanto son de libre acceso. Un ejemplo, USA autorizó a la empresa Space Imaging a que venda determinadas imágenes de la tierra con una resolución de 0,5 m durante época de paz, pero debe entregarlas con un retraso de 3 días.

Cómo Transmitir la Información

Un primer aspecto a tener en cuenta basados en la experiencia, es que las comunicaciones de distribución de la información y las comunicaciones de comando deben ser encaminadas en forma separada, para que la prioridad que siempre tienen las de comando no detenga a la de distribución de la información.

Muchas veces sucede que la orden llega antes que la información a que hace referencia.

Igualmente, siempre hay conflictos entre la cantidad de información a transmitir y los tiempos disponibles para hacerlo, ya que aunque las velocidades de transmisión vayan en aumento, también lo hace la cantidad de información.

Otra limitación que existe es la resistencia de muchos a deshacerse del equipamiento que, aunque superado, todavía se mantiene operativo. Su problema no es la operatividad o confiabilidad, es el tiempo que consume.

Un ejemplo de USA, los primeros MILSTAR necesitaban 2 horas para transmitir una determinada imagen, el DSCS hace lo mismo en 6 minutos, y el nuevo GBS sólo necesita 6 segundos.

No obstante, no importa cuan sofisticado sea el equipamiento, siempre hay un límite físico en las velocidades de transmisión, por lo que se debe procurar bajar la cantidad de información a transmitir.

Ya vimos algo sobre el tema al tratar los sensores, en ese caso, la información aún no ha sido procesada y analizada, por lo cual resulta difícil comprimirla (disminuir su cantidad) sin perder parte de la información, pero cuando la información a distribuir ya no requiere análisis, cuando va directamente al usuario, se puede simplificar notablemente, y transmitir sólo lo que en realidad necesitan los usuarios.

Por ejemplo, se puede:

- Usar fractales para transmitir imágenes, en lugar de transmitir la imagen real.
- Transmitir símbolos en lugar de imágenes, cuando sólo se requiere la representación de algo.
- Transmitir sólo lo que cambia, por ejemplo: NO transmitir el terreno o el mapa de fondo.

Veamos un ejemplo: supongamos que en una imagen captada de un

aeródromo aparecen dos Mirage 2000 en plataforma. Transmitir la imagen completa va a requerir un cierto tiempo, tanto mayor cuanto más grado de detalle queramos.

Pero en realidad ¿que nos interesa de esa imagen?, los dos Mirage en plataforma.

Si el usuario ya posee en su base de datos una imagen (súper detallada si queremos) del aeródromo, no es necesario transmitir la imagen, sólo es necesario transmitir la información referida a los 2 Mirage en plataforma.

Nuevamente, si en su base de datos el usuario tiene archivadas imágenes de Mirage 2000 (súper detalladas si queremos), sólo será necesario transmitirle:

- Que hay 2 Mirage 2000
- Sus coordenadas de posición en la plataforma
- Su orientación.

El usuario tiene la información completa que necesita en una infinitésima parte del tiempo requerido para transmitir toda la imagen, y recurriendo a su base de datos visualiza la imagen súper detallada, con los 2 Mirage en plataforma; con otra ventaja, la transmisión será tan corta que no le dará tiempo al enemigo para interceptarla; y si por casualidad la intercepta, sólo tiene unos datos sueltos que no puede relacionar.

Por eso se debe evaluar concientemente cuando es necesario transmitir imágenes y cuando no; la mayoría de los usuarios quiere ¨fotografías¨, pero no consideran los tiempos involucrados para transmitir esas fotografías, las que, en la mayoría de los casos, como acabamos de ver, pueden ser reemplazadas por simples símbolos y coordenadas espaciales.

Si por todo motivo es necesario transmitir imágenes, también se debe evaluar concientemente cual es el mejor sistema de compresión a usar.

La mayoría de los sistemas de compresión hacen un barrido lineal de arriba abajo de las imágenes, lo que demanda tiempo para realizarlo, y hay que esperar a que se haga en forma completa, o en algunos casos a que llegue a la parte de la imagen que nos interesa.

Algunos sistemas permiten mandar la parte importante primero, y otros permiten variar el régimen de compresión en distintas partes de la imagen.

En el caso de los fractales, recordemos que éstos no son una verdadera compresión, sino que son la representación mediante fórmulas de algo que es lo más parecido posible a la imagen real. No sirven para transmitir imágenes que deben ser analizadas, pero sí son ideales para transmitir imágenes ya analizadas a los usuarios.

TRANSMITIR O NO TRANSMITIR

Ya vimos que la información fluye en un sólo sentido y es recibida en forma pasiva.

A ello debemos agregar un aspecto espinoso, que da pie a muchísimas

discusiones: la información debe ser transmitida **aún con silencio de radio.**

Hay suficientes opiniones encontradas sobre esta postura como para hacer un extenso análisis, pero aquí consideraremos sólo dos aspectos:

- La información que no transmitimos por guardar el silencio de radio puede ser justo la que se necesitaba para lograr la victoria, cuando la transmitamos luego del silencio de radio sólo será una anécdota referida a la derrota.
- Aún cuando nuestro enemigo capte la transmisión, lo que importa es el ciclo de reacción; si para cuando el enemigo la descripte nosotros ya la utilizamos para actuar en consecuencia, qué nos importa que el enemigo la tenga, para él también será anécdota.

Otro aspecto que también da pie a discusiones es la duración de las transmisiones.

Ya vimos que si transmitimos la información en la forma lo más breve posible, al enemigo le resulta difícil interceptarla. Una deducción simple nos diría que tenemos que transmitir lo menos posible, pero al profundizar el análisis vemos que no es así; lo que tiene que ser lo más breve posible es la transmisión de la información, pero no la transmisión en sí.

Este concepto se basa en que cuando uno transmite poco, el enemigo tiene mucho tiempo para analizar lo transmitido, pero si uno transmite mucho, el tiempo de análisis le resultará escaso, aún cuando podrá hacer muchas mediciones sobre las transmisiones.

Si transmitimos la información mezclada con basura, el enemigo perderá tiempo tratando de discriminar y separar la información de la basura, a la vez que predispone mal a los operadores, ya que muchas veces comprobarán que todo su trabajo fue en vano.

Igualmente, si el flujo de transmisión varía, esto también le da indicios al enemigo, aún cuando no pueda descriptarla; por ejemplo, es muy difícil evitar que la transmisión se incremente en las horas previas a una gran operación, lo que alertará al enemigo; para evitarlo, el flujo se debe mantener en todo momento lo más constante posible.

Como resumen de todo, si transmitimos en forma continua y manteniendo siempre un flujo constante, el enemigo tendrá mucho trabajo para discriminar y analizar lo que capta, y lo más probable es que el tiempo que tendrá para analizar la información superará nuestro CR; y cuando la información llega tarde, ya sabemos que es sólo anécdota.

Lo único que tendremos que asegurar, y que es sumamente crítico, es la supervivencia de nuestro sistema de comunicaciones, por lo que lo debemos colocar en un santuario, no tanto físico como virtual, para lo que se puede recurrir a algunos trucos utilizando el espectro electromagnético y las características de las antenas.

Lo bueno es que para montar este tipo de santuario no se necesita supertecnología, sólo ingenio y tecnología comercial, o casi.

El Equipamiento Para Transmitir la Información

Acá nos encontramos ante una disyuntiva; como dijimos al principio, cuando se estructuró el borrador del presente trabajo se redactó un apéndice referido a los sistemas de comunicaciones, sus técnicas, etc., de características similares al apéndice sensores; pero al finalizar el trabajo, éste resultó demasiado voluminoso, y como lo voluminoso tiende a desanimar al lector, se planteó el problema de qué parte reducir o eliminar.

La opción pasó por reacomodar el trabajo y por suprimir este apéndice ¨sistemas y técnicas de comunicaciones¨, teniendo en consideración para ello que es uno de los temas posibles de obtener fácilmente recurriendo a otra bibliografía, la que es abundante.

Por eso aquí sólo nos limitaremos a dar algunos conceptos generales sobre ciertos aspectos a tener en cuenta.

ALGUNAS CONSIDERACIONES

Desde ya, y lo más importante, los sistemas de comunicaciones son, junto con los sensores, esas ¨puertas¨ por las que uno puede entrar a los sistemas del enemigo, sea para husmear, sea para hacerle daño.

Recordemos las dos verdades: ¨si emite puedo detectarlo, si capta puedo degradarlo¨; y esto es muy cierto en el uso de las comunicaciones, ya que como veremos a continuación, la mayoría de los sistemas utilizan el espectro electromagnético, y por lo tanto tienen emisores y tienen captores.

Haciendo una clasificación arbitraria, los tipos de equipamiento que se pueden encontrar son:

- Radios punto a punto; sean direccionales u omni, en HF, VHF o UHF.
- Radios vía centros o nodos de retransmisión (como los clásicos celulares civiles).
- Line of Sight (LOS / línea de vista), más conocidos como microondas, y que pueden llegar hasta las frecuencias milimétricas.
- Láser.
- Dispersión troposférica.
- Meteor burst (dispersión meteórica).
- Vía satélite.
- Cable o línea física (alambre).
- Fibra óptica.

De todos ellos, sólo el cable y la fibra óptica no utilizan el espectro electromagnético, todos los demás necesitan una antena para emitir y una antena para recibir.

En las operaciones militares, debido a la movilidad de los medios involucrados, muy pocas veces se puede usar cable o fibra óptica, salvo para

conectar sitios fijos como puestos comando importantes o bases aéreas , ya estables desde época de paz, y mientras las operaciones sean desarrolladas en el propio territorio.

Esto es, por ejemplo, lo que tenía montado NATO en Europa, enlazando todos sus centros y unidades mediante fibra óptica, útil hace dos décadas cuando NATO no tenía previsto salir de Europa; pero la guerra del Golfo y las nuevas operaciones fuera de su territorio la obligaron a replantear el tema de las comunicaciones cuando opera fuera de Europa.

La fibra óptica es probablemente el más seguro de los medios de comunicaciones, ya que para que el enemigo penetre en la red, debe cortar la fibra y hacer una reconexión, lo que es fácilmente detectado si uno realiza un monitorado continuo; a diferencia del cable que se puede ¨pinchar¨ con facilidad y sin que el usuario se de cuenta.

Pero para bien y para mal, el cable cada vez se usa menos.

Además, como casi todos los medios y sistemas de armas que intervienen directamente en las operaciones se desplazan permanentemente, la mayoría de las comunicaciones terminan haciéndose con equipos que utilizan el espectro electromagnético. Esto es bueno tenerlo en cuenta, sobre todo cuando surge el pánico al hacker.

Pero como recién dijimos, si usan el espectro electromagnético podemos, tanto nosotros como nuestro enemigo, entrar para husmear o para hacer daño. La clave consiste en colocarnos en una posición relativa que asegure que nuestras antenas y las del enemigo se vean.

Si logramos esto, el resto sólo es cuestión de paciencia e ingenio; pero ambos deben ya estar desarrollados desde la paz, y acompañados por un muy buen conocimiento de lo equipos y técnicas empleadas.

Siempre hay que estudiar y conocer en detalle las características de los medios de comunicaciones del enemigo, ya que siempre se encontrará la forma de penetrarlos, para captar o para degradar. Se requiere un profundo conocimiento técnico, pero se puede.

En algunos sistemas resulta más fácil que en otros colocarnos dentro de su lóbulo (el campo visual – FOV – del equipo enemigo), lo que dependerá, además de su forma (aperturas vertical y horizontal), de la distancia y altura a las que deberemos colocarnos para poder captar sus señales o para poder actuar sobre su receptor. El problema puede surgir cuando esta distancia, que depende de las potencias, sensibilidades y frecuencias involucradas, a veces es inferior a aquella a la cual nos podemos acercar.

Si nos colocamos en la otra situación, la de proteger nuestros sistemas, resulta sumamente importante cuando se concibe o requiere un sistema de comunicaciones, tener la posibilidad de manipular las potencias y sensibilidades así como la conformación de los lóbulos; pero sobre todo, es importante la banda de frecuencias a utilizar, ya que mientras más alta es, más direccional se vuelve la emisión, y más pronto se atenúa, reduciendo notablemente su alcance; y esto,

aunque a simple vista parece una debilidad, en realidad es una fortaleza, ya que permite que la emisión sólo llegue hasta el otro corresponsal y no más allá, hasta el enemigo.

Igualmente requiere consideración la forma en que se estructura el sistema de comunicaciones. Actualmente hay una tendencia a las redes con nodos de retransmisión y distribución, similares a la estructura que utiliza la telefonía celular civil; esto significa que probablemente resultaría difícil captar o actuar directamente sobre el corresponsal, pero sí se podrá captar la transmisión y actuar sobre el nodo de retransmisión y distribución.

Respecto a los celulares civiles, se les debe prestar atención a estas redes, ya que sobre todo desde los conflictos de la ex Yugoslavia cada vez son más utilizados, al menos por uno de los contendientes, el más débil.

Y aún cuando no se los prevea en la planificación de la estructura de comunicaciones, siempre es importante tenerlos en cuenta como alternativa.

Al respecto son válidas dos anécdotas completamente opuestas:

La primera hace referencia a la invasión a Grenada por USA en 1983. Cuentan que una unidad de infantería necesitaba apoyo de fuego pero que le resultaba imposible comunicarse; uno de los infantes fue hasta un teléfono público y con su tarjeta de crédito hizo un llamado internacional a Fort Bragg en USA, solicitando el apoyo de fuego, y desde el fuerte se comunicaron con los helicópteros de apoyo en Grenada para que actuaran.

Lo opuesto ocurrió en 1944 en la batalla de ARNHEM; la Primera División Aeroportada británica llevó cristales de frecuencias equivocadas; por lo tanto, cuando quedó aislada y bajo ataque, no pudo comunicarse con sus refuerzos en NIJMEGEN a pocos kilómetros.

Paradójicamente, la resistencia holandesa de ARNHEM sí se comunicaba sin problemas con sus contactos en NIJMEGEN . . . usando el sistema telefónico público. Los de la Primera División no pensaron en golpear una puerta y pedir el teléfono.

LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE

En cuanto a las comunicaciones vía satélite, éstas requieren un pequeño comentario particular, ya que en general se considera al espacio como un ¨santuario¨ en donde los medios, sean sensores o comunicaciones, están a salvo de todo intento de agresión por el enemigo.

En realidad, este santuario es más político que físico, ya que USA es el primer interesado en que la guerra no sea llevada al espacio, puesto que sería el que más perdería; por eso sus declaraciones de hace unos años de abandonar la puesta operativa de sistemas antisatélites.

Por lo tanto, al menos en teoría, ningún país está en condiciones de destruir satélites del adversario.

Pero esto no cabe desde el punto de vista del espectro electromagnético, ya

que para degradar los sensores o las comunicaciones vía satélite del enemigo no es necesario destruir los satélites.

Los satélites en sí son plataformas, a igual que un avión, un buque o un vehículo, la única diferencia es que están emplazadas a unos cuantos kilómetros de la tierra; pero con dos particularidades interesantes: su ubicación y trayectoria son más fáciles de conocer que las de las otras plataformas; y es también más fácil tenerlas dentro de la línea de vista.

Asimismo, el equipamiento que portan es similar al que se encuentra en los otros tipos de plataformas. Si nos referimos sólo a las comunicaciones, el satélite es una estación retransmisora operada remotamente, con las limitaciones que implica su inaccesibilidad; pero que posee una antena receptora, un equipo retransmisor, y una antena transmisora.

Y como ya hemos dicho varias veces, ¨si emite puedo captarlo, si capta puedo degradarlo¨. Todo consiste en poder colocarnos dentro de los lóbulos de sus antenas; pero lamentablemente para el que quiere acceder subrepticiamente al satélite, la tecnología actual permite conformar los lóbulos de antena a voluntad, no sólo para evitar el acceso ilegal sino también para lograr una máxima eficiencia de los sistemas.

Un ejemplo es el del ITALSAT de Italia, que en lugar de utilizar un lóbulo único que cubra toda el área de influencia, recurre a cuatro lóbulos estrechos; dos para el territorio continental, uno para Sicilia y uno para Cerdeña.

Así como Italia conforma los lóbulos de sus satélites para lograr una máxima eficiencia, el dueño de satélites militares de comunicaciones puede conformar lóbulos nulos sobre aquellas áreas en donde el enemigo, o posible oponente, puede utilizar sus equipos para intentar acceder al satélite.

Los satélites tienen otra antena, que es de más fácil acceso para quien quiera producir daño; es la del receptor para las señales de comando al satélite, cuyo lóbulo es bastante grande, ya que debe asegurar que las señales de comando lleguen al satélite aún cuando éste por algún motivo haya variado su actitud posicional.

Por supuesto, todo esto dependerá de las posiciones y órbitas de los satélites respecto al lugar de la tierra desde donde se quiere actuar.

Otra opción como puerta de entrada, y también como posible blanco físico, la constituyen las antenas de las estaciones terrestres.

En cuanto a los satélites de comunicaciones comerciales se refiere, éstos son una opción para los países que no pueden poseer satélites militares propios, pero su uso en caso de conflictos depende completamente de las relaciones políticas del usuario con el país al que pertenece la empresa propietaria, y especialmente con USA, ya que el 75 % de los satélites son de USA, y ésta siempre se reserva, por razones de seguridad, el acceso a los mismos, sea para conocer su tráfico, sea para negar el acceso a otros.

A esto cabe agregar que en caso de conflicto los satélites comerciales tendrán una gran demanda, y puede suceder lo que a USA en el Golfo: cuando

recurrió a los satélites comerciales para cubrir algunas necesidades de comunicaciones se encontró con que los canales disponibles ya habían sido alquilados por las agencias de noticias.

INTEROPERATIVIDAD

Aunque este es un término que estuvo muy de moda, pocos le prestan atención.

Montar un sistema de distribución que funcione es muy difícil, porque todo debe ser compatible con el hardware y el software, y debe haber procedimientos operativos normalizados.

Muchos de los problemas se presentan porque la mayoría de los sistemas actualmente en servicio fueron especificados y concebidos en la década 80, cuando todavía no había tantos requerimientos de transmisión de datos; sólo se hablaba de voz y datos a baja velocidad.

Como ahora el intercambio de información es entre computadoras, se deben establecer normas, las que también deben ser compatibles con las de internet cuando se prevé su uso.

Cuando ya se poseen sistemas y redes que son incompatibles entre si, a veces es difícil hacer un plan de transición que funcione; por ejemplo, para la guerra del Golfo, los organismos de inteligencia de USA utilizaron 8 tipos diferentes de sistemas de computación, incompatibles entre si.

SINTESIS

Como resumen, podemos considerar a los sistemas de comunicaciones como las puertas principales por donde nosotros, y nuestro enemigo también, podemos acceder al sistema de C^2 del otro para husmear o para producir daño.

Salvo las fibras ópticas, el resto de los equipamientos pueden ser penetrados si se utiliza un poco de ingenio.

Como las comunicaciones son el elemento que más influye en la ¨fricción¨ de Clausewitz, el daño que se le puede producir al enemigo a través de su sistema de comunicaciones es inmenso, presentando además la ventaja que la magnitud y duración del daño pueden ser regulados.

Al respecto cabe otra consideración; nunca hay que negarle completamente al enemigo sus posibilidades de comunicarse, salvo en el ataque final. Durante las operaciones previas se le debe dejar abierta la posibilidad de usar aquellos sistemas cuyas características hagan que nos resulte sencillo penetrarlos para realizar inteligencia.

Dos ejemplos: en la guerra del Golfo la Coalición recién cortó los dos cables de fibra óptica que quedaban comunicando a Bagdad con el resto de Irak en el momento del avance terrestre; obligando a las fuerzas de Saddam Hussein a usar radios para comunicarse, radios que podían ser interceptadas sin inconvenientes por la Coalición.

Antes del amanecer del 05AGO1914, primer día de la Primera Guerra Mundial, un buque que navegaba discretamente frente a EMDEN en el Mar del Norte, levantó del fondo del mar los cables transatlánticos de Alemania y los cortó, obligando a los alemanes a utilizar sistemas de comunicaciones más fáciles de interceptar y penetrar.

La degradación de las comunicaciones nunca es permanente; el enemigo siempre e inevitablemente encontrará la alternativa para comunicarse cuando se le niega su medio primario; por lo que, más efectivo que una degradación temporaria, es la habilidad de controlar los medios de comunicaciones del enemigo, no sólo para negarlas según las necesidades, sino para escuchar sus conversaciones y órdenes, para conocer sus intenciones a tiempo como para frustrarlas.

En este juego es importante la perspicacia y apertura de mente para lograr los objetivos; lo vimos en los ejemplos recientes, y lo podemos ver en un último ejemplo para terminar: en lo que se considera el nacimiento del criptoanálisis, en Abril de 1628, cuando los franceses sitiaron a REALMONT en manos de los hugonotes, los franceses lograron capturar a un mensajero que llevaba un mensaje encriptado en el que los hugonotes informaban de su crítica situación; Antoine Rossignol, el padre del criptoanálisis, lo descifró, y el comandante francés lo hizo llegar, en texto claro, a los sitiados; éstos, al saber que los franceses estaban enterados de su real situación, se rindieron.

A veces es útil hacerle saber al enemigo que uno tiene la capacidad para capturar su información; que sepa que uno sabe lo que él sabe.

PARTE III

INTRODUCCION AL SISTEMA DE TOMA DE DECISION

Todo el proceso que hemos estado analizando al considerar al Sistema de Información culmina con la ¨PRESENTACIÓN DE LA SITUACION¨ imperante a todos aquellos que deben tomar decisiones, cualquiera sea su nivel de responsabilidad.

Esta situación debe ser lo más clara y precisa posible, pero sobre todo, debe ser de fácil interpretación (digerible).

La información que se presenta debe estar referida al enemigo, a las propias fuerzas, y al ambiente donde se actúa; y por supuesto, debe ser en ¨tiempo real¨.

Si lo anterior se cumple, quien toma las decisiones lo podrá hacer en forma correcta y oportuna.

Pero no basta con sólo la presentación de la situación, se requiere que el decisor disponga de toda una batería de otros medios y recursos que lo ayuden en su razonamiento, y que le permitan transformar sus decisiones en hechos.

Como ya dijimos, a estos medios y recursos se los puede agrupar en dos Sistemas:

- Un Sistema que permita **manipular en forma acertada** la situación a presentar, para transformarla en algo ¨**digerible**¨ para quien la va a utilizar; que para cada situación dada le permita determinar en forma sencilla y sin confusiones cual es el mejor modo de acción a aplicar.
  Por ejemplo, si en un CIC de Defensa Aérea no hay algo que distinga los aviones propios de los enemigos o los todavía no identificados, el decisor (el Jefe Operativo) deberá tener esa información en su cabeza. Basta con asignarle un color a cada categoría de aviones para que la información se torne ¨digerible¨.
  En esta aspecto lo que más ayuda es una buena base de referencia geoespacial, de ahí la importancia que poseen las imágenes-mapa de la tierra de las que antes hablamos.
- Otro Sistema que permita elaborar los modos de acción y evaluarlos, y que transforme el MMA en órdenes y acciones, tomando en consideración todos los factores y elementos intervinientes; y que a la vez permita verificar el cumplimiento y los resultados.

Como el lector recordará, en el gráfico 8 tratamos de hacer una representación de la relación de todos estos Sistemas.

El triángulo **SISTEMA DE INFORMACION** alimenta al triángulo invertido, la **SITUACION**, en el que se soporta el triángulo superior, la **TOMA DE DECISION.**

Como se puede apreciar en este gráfico, para que el triángulo Situación sea sólido, es necesario realizar un **MANEJO ACERTADO DE LA INFORMACION** que se obtiene.

Este Sistema de Manejo Acertado de la Información estará constituido por todas aquellas herramientas, programas, etc. que aseguren que la situación que se presenta a quienes toman las decisiones es presentada en una forma digerible, fácil de interpretar, y sobre todo que asegure que lo que se aprecia es **CORRECTO**.

Asimismo, contaremos con herramientas, programas, etc. en el Sistema de Toma de Decisión en sí, que permitan la elaboración y evaluación de los modos de acción, y que estarán complementados por otras herramientas, normalmente constituidas por ¨modelos¨, basados en experiencias anteriores, pruebas o ejercicios, y ya incorporados en las bases de datos; por ejemplo, modelos de los sistemas de armas que constituyen amenazas, de los resultados obtenidos ante una situación similar planteada en un ejercicio, o del resultado logrado en conflictos anteriores, etc.

Si bien las herramientas ¨físicas¨ estarán constituidas por computadoras y abundante software, el elemento que más se empleará en forma intensiva, es la mente humana y los conocimientos que posee, ya que el trabajo se realiza a nivel cognitivo.

Para ello deben haberse volcado dentro de las computadoras toda la experiencia y conocimientos, propios y ajenos, que puedan obtener.

Antiguamente, debido a las limitaciones para obtener información, nos conformábamos con saber ¨que tenía¨ el enemigo y ¨donde lo tenía¨, con una visión muy vaga de ¨qué es lo que estaba haciendo¨.

Actualmente, la tecnología, bien manejada, nos permite saber ¨qué está pasando¨, involucrando al enemigo, nosotros, el ambiente, y la interacción entre los tres.

De esta forma, basados en el ¨qué está pasando¨ podemos tratar de entender ¨por qué está pasando¨, encontrándole explicación lógica a lo que sucede.

A su vez este ¨por qué está pasando¨, nos permite ir más allá, y estimar cuales pueden ser los posibles futuros si las acciones continúan su desarrollo normal. Esto lo podemos plasmar en un ¨qué podría pasar¨.

Y aquí ya podemos ver que, si actuamos adecuadamente y a tiempo sobre lo que está pasando, podemos manipular el presente para que se concrete aquel de los posibles futuros que más conviene a nuestras intenciones.

Pero cuidado, que otro tanto tratará de hacer nuestro enemigo; y así surgirá una confrontación de intenciones, en donde el futuro que nosotros queremos que se concrete normalmente conformará el futuro que nuestro enemigo no quiere que suceda, y viceversa.

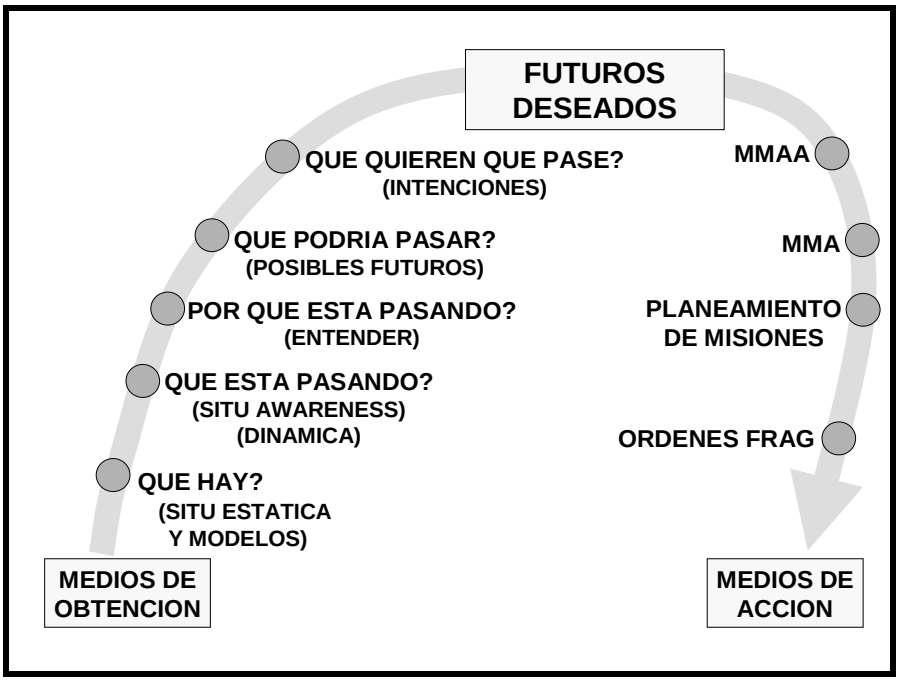

GRAFICO 9 – El proceso para que la Toma de Decisión sea correcta y oportuna

Estos futuros, ahora ¨deseados¨ por nosotros y por nuestro enemigo, nos llevarán a establecer los modos de acción que nos aseguren, aptitud, factibilidad y aceptabilidad mediante, que el futuro que se concretará será el deseado por nosotros y no por nuestro enemigo.

El paso siguiente es el conocido por todos, el planeamiento de las misiones y la liberación de las órdenes fragmentarias.

Quien haga todo esto antes y en forma acertada (CR nuestro < CR del enemigo) tendrá altas probabilidades de ser el ganador.

Esto que ha sido fácil de describir en pocas palabras, y que se muestra en el gráfico 9, es tremendamente complejo, confuso e imbricado a la hora de implementarlo, pero por suerte, la mayor parte del trabajo puede ya estar hecho desde la época de paz

Como vemos, describir todo lo que interviene en la Toma de Decisión implica un proceso sumamente engorroso, demandando un análisis necesariamente extenso, por lo que se optó por realizar sólo esta simple presentación del tema, quedando pendiente junto con el análisis de los sistemas de comunicaciones, para un futuro trabajo.

Como resultado, en el desarrollo del presente trabajo nos hemos concentrado

en analizar uno sólo de los triángulos del gráfico 8, pero sin duda el lector ya habrá apreciado que todos ellos son esenciales para que las decisiones sean **correctas y oportunas.**

Además, todos estos triángulos también son los lugares en donde se puede producir daño para degradar al enemigo, haciendo que sus decisiones sean **erróneas o tardías**.

LA

CONCLU

INTRODUCCION

DE LA INTRO-CONCLUSION A LA CONCLU-INTRODUCCION

Haciendo un resumen de todo lo expuesto vemos que, no importa el nivel, desde el Consejo de Seguridad de Naciones Unidas, hasta el Jefe de Pelotón de Infantería, para actuar, deben tomar decisiones, y para hacerlo con éxito deben estar adecuadamente informados.

LA ESENCIA, O FUNDAMENTO, ES LA **INFORMACION**.

Por lo tanto, si degradamos los sistemas y elementos de obtención y procesamiento de la información que utiliza nuestro enemigo, éste tomará decisiones **erróneas o tardías**; y si optimizamos y protegemos los nuestros para evitar que el enemigo haga lo mismo, nuestras decisiones serán **correctas y oportunas**, y así tendremos ¨casi¨ todo a nuestro favor para vencer.

Para ello, recordando al Increible Hulk del comienzo del trabajo:

AL ENEMIGO

PRIMERO LO DESCEREBRAMOS...

LO PARALIZAMOS,

Y DESPUES LE DESPEDAZAMOS LOS PUÑOS EN FORMA METODICA Y CONTINUA

...HASTA QUE DIGA BASTA

APENDICE

LOS SENSORES

PARTE I

LOS SENSORES Y EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

EL USO DEL ESPECTRO

Existe toda una parafernalia de sensores, desde los más complejos abordo de satélites, hasta los anteojos de luz residual del infante; desde los que tienen un alcance de 400 km hasta los que sólo llegan a los 400 metros.

Todos estos sensores son los que brindan la información para poder tomar las decisiones correctas; por lo tanto son: los sensores a degradar cuando son los del enemigo; son los sensores a proteger cuando son los nuestros; y son estos mismos sensores los que nos permiten obtener la información que necesitamos para realizar la degradación de los sensores del enemigo.

Aunque parece un párrafo escrito para confundir, es la realidad, realidad que nos permite (también a nuestro enemigo), degradar al oponente al accionar sobre cualquiera de estos sensores.

Cada sensor es un elemento del entramado que conforma la red de C^2, y que presenta mayor o menor vulnerabilidad, pero con la particularidad que el daño que se les puede hacer normalmente no tiene un efecto local, sino que repercute en toda la red.

Una simple observación de los sensores permite apreciar que cada uno tiene sus características particulares, y está diseñado para operar dentro de determinados parámetros, lo que ha veces los hace completamente disímiles.

Esa gran diversidad de características que poseen hace difícil su análisis y comprensión, por eso a continuación intentaremos agruparlos o clasificarlos de forma que sea posible entender sus capacidades y vulnerabilidades.

En el gráfico Nº 11 (al final del Apéndice) se ha hecho una primera agrupación general, tratando de mostrarlos en su totalidad.

Si utilizamos este gráfico como referencia, podemos observar que la gran mayoría utiliza el eem (espectro electromagnético) para operar.

Es por este motivo, sumado a la degradación/protección de las comunicaciones, que también hacen uso de este espectro, que a la INFOWf se la considera una evolución de la EWf clásica.

De los sensores que operan fuera de ese espectro, los acústicos, sísmicos y magnéticos, sensan características particulares en una determinada área, lo que hace que sus alcances sean reducidos, mensurables en metros, por lo que resultan

útiles sólo puntualmente.

Los que sensan la presencia de agentes QBN también suelen ser puntuales, y sólo cubren una distancia importante cuando se los usa para captar los agentes arrastrados por los vientos.

Si observamos los encuadrados en el eem, podemos distinguir dos grandes agrupaciones: **pasivos y activos**. Esta clasificación está dada porque los últimos, los activos, necesitan recurrir a un emisor propio para captar el reflejo (eco) de su emisión. Estos son los radares y el láser.

Los pasivos en cambio, utilizan como señal a detectar la emisión propia de los objetos (los blancos), o, en el rango de las frecuencias ópticas (fotografía, video o TV) y parte del IR (cercano), el reflejo de una fuente de luz, natural o artificial.

Para analizarlos hay diversas posibles formas de agruparlos, algunas de ellas pueden ser:

- Por la parte del eem en que operan.
- Por el tipo de información que brindan.
- Por el blanco que buscan.
- Por las plataformas que los portan.

En el gráfico Nº 12 (al final del Apéndice) se muestran las bandas de frecuencias comúnmente llamadas ¨de radiofrecuencia¨ (hasta 100 GHz). Esta es la parte que a través de los años, y por diversos motivos, ha sido subdividida en formas distintas y con varias designaciones, lo que ha dado por resultado una pequeña anarquía que a veces lleva a confusión, sea que se hable de equipos civiles, militares, o de guerra electrónica.

En el gráfico se han tratado de mostrar todas las alternativas.

Debido a las características de operación y a ciertas limitaciones en cuanto a tecnologías que no estaban disponibles hasta hace un par de décadas, durante mucho tiempo se construyeron equipos que llegaban hasta los 18 GHz, en la parte baja del espectro, para luego saltar a las frecuencias IR y ópticas.

Por eso aún hoy la mayoría de los equipos operan en ambos extremos del espectro, aún cuando los nuevos desarrollos buscaron aquellas bandas de frecuencias más altas que mejor propagan, por ejemplo entre 30 y 40 GHz, o entre los 90 y 100 GHz.

Aunque siempre se hace referencia al espectro en función de las bandas de frecuencia, en la parte alta (IR, ópticas, etc.) (ver el gráfico Nº 13 al final del Apéndice) se hizo costumbre, debido a las magnitudes involucradas, a referirlas en función de las longitudes de onda.

Para una conversión simple y práctica de estas unidades, resulta útil recordar que la frecuencia (dada en GigaHertz – GHz) es igual a 30 sobre la longitud de onda λ (dada en centímetros).

Haciendo una clasificación de esta parte del espectro, podemos comenzar por la banda de frecuencias de 90 a 100 GHz, a la que se hace referencia en forma

indistinta, sea por su frecuencia o por su longitud de onda: **milimétrica.** Aún cuando ésta en realidad cubre una mayor parte del espectro, de 30 a 300 GHz, por ahora la mayoría de los emisores están concentrados en esa ¨ventana¨ de 90 a 100 GHz.

Los 300 GHz corresponden a un λ de 1 milímetro (=1000 μ =1000 micrómetros); a partir de aquí comienza el espectro IR, que abarca hasta los 0,76 μ .

Al IR se lo subdivide por referencia a su proximidad al espectro óptico, denominándolo:

- **IR cercano**: abarcando desde los 0,76 μ (límite con el óptico) hasta los 1,5 μ (algunos lo hacen llegar hasta los 3 μ).
- **IR medio**: desde 1,5 μ a 7 μ (o desde 3 a 6 μ según otros).
- **IR lejano**: desde 7 μ a 1000 μ (límite con las longitudes de onda milimétricas), o para otros: de 6 a 15 μ el IR lejano, y de 15 a 1000 μ el IR muy lejano o IR extremo.

La parte **óptica** del espectro comprende desde 0,39 μ a 0,76 μ , y más allá se encuentran las longitudes de onda **UV** (ultravioleta), de 0,01 μ a 0,39 μ , y los rayos X y gamma.

TRANSMITANCIA, REFLEXION, EMISIVIDAD

Siguiendo con el análisis de las frecuencias superiores del espectro, observamos ciertas particularidades.

La energía emitida en el espectro visible tiene su origen en fuentes naturales, como el sol, las estrellas, o un dispositivo de iluminación, y es reflejada por los diferentes objetos del ambiente.

Esta capacidad de reflexión de la energía del sol se extiende al UV cercano y al IR cercano.

Esta parte del IR que es por reflejo de la radiación del sol, tiene la particularidad que puede identificar agua u otros contenidos químicos, lo que permite por ejemplo determinar el estado de la vegetación, o predecir el producido de las cosechas; y para nuestro caso en particular, puede por ejemplo penetrar el enmascaramiento típico para la detección visual, o detectar zonas húmedas que no permiten el paso de vehículos.

Más allá de los 3,5 μ la radiación térmica emitida supera a la reflejada por los objetos; emana directamente de ellos en virtud de su temperatura absoluta (en grados Kelvin) y su coeficiente de emisividad.

Debemos aclarar que lo que se detecta es la emisión térmica, no la

temperatura o calor, aunque están relacionados.

Esta emisividad se basa en la diferente capacidad que tienen los distintos materiales para retener el calor absorbido, por eso permite conocer la existencia de determinados minerales en el suelo, permite identificar objetos enterrados y detectar estructuras ocultas, etc.

Un ejemplo de la guerra del Golfo: los iraquíes habían enterrado sus tanques en la arena; por la noche, ambos, la arena y los tanques se enfriaban pero con distinta rapidez, el resultado: los tanques eran fácilmente detectables de noche usando sensores IR, lo que hacía sencillos su ataque y destrucción.

En las longitudes de onda a partir de 1000 μ (1 mm) o milimétricas, las señales a captar son el reflejo de una emisión artificial, por lo que necesitan un emisor radar; salvo un caso particular que veremos más adelante al analizar el radiómetro milimétrico.

En el otro extremo, los detectores UV funcionan en las longitudes de onda de 250 a 300 nanómetros, banda en la cual el sol no tiene casi radiación y que es conocida como ¨solar blind¨ (ciega a la radiación solar).

La propagación de estas emisiones a través de la atmósfera presenta ciertas particularidades debido sobre todo a las moléculas en suspensión de diversos componentes, cuyas dimensiones físicas coinciden con determinados largos de onda, haciendo que la emisión sea absorbida o dispersada, (reflejada o refractada en distintas direcciones).

Esto hace que la atmósfera no sea un medio transparente a las radiaciones, con la particularidad que las absorciones y dispersiones no son iguales en las distintas frecuencias del espectro.

Así, en la parte visible, la energía es absorbida por los componentes moleculares, y la dispersión es producida por las partículas de humedad, niebla o moléculas de oxígeno, siendo particularmente intensa entre los 0,3 y 0,7 μ .

En las frecuencias IR, la absorción se produce por las moléculas de vapor de agua y por el anhídrido carbónico (CO_2). La dispersión es producida sobre todo por las moléculas de niebla en suspensión, pero como sus dimensiones raramente son superiores a los 0,5 μ ; no tienen casi efecto en las frecuencias de 3 μ o más.

Esta es la razón por la que los primeros TV que se utilizaban, y que cubrían la banda de 0,3 a 0,6 μ , eran afectados por la dispersión producida por la humedad.

Cuando el vapor húmedo se condensa, el diámetro de las partículas aumenta, pudiendo llegar hasta los 80 μ , pero con una distribución Gaussiana con centro en los 5 a 15 μ , afectando al IR en la ventana de 8 a 12 μ

En forma práctica podemos decir que las radiaciones visibles son afectadas por bruma, niebla débil o llovizna; mientras que las radiaciones IR son afectadas por niebla espesa (1 a 10 μ) que contiene partículas líquidas grandes, lluvia y gran humedad, lo que además tiende a uniformar la temperatura de los objetos

que están en el mismo ambiente, atenuando la diferencia de emisión entre un blanco y su entorno, que es lo que detecta por ejemplo un FLIR.

Al IR también lo afecta la propia radiación IR de la atmósfera, especialmente cuando ésta queda encerrada entre la tierra y una capa de nubes y se calienta, irradiando entre 5 y 7 μ .

Esto hace que se creen ¨ventanas¨ en las cuales la transmitancia (posibilidad de propagación) sea aceptable o adecuada.

Los estudios experimentales han determinado que, en el caso del IR por ejemplo, esas ventanas se encuentran en 1,5 a 1,8 μ ; 2 a 2,5 μ ; 3,5 a 4,2 μ ; 4,5 a 4,8 μ ; y 8,5 a 12,5 μ .

Pero esto no quiere decir que no haya emisión en el resto de las longitudes de onda. Por eso se debe distinguir, ya que muchas veces se presta a confusión, entre emisividad y transmitancia.

La **emisividad** es una característica de todos los **cuerpos** (objetos), que hace que emitan radiaciones IR en determinadas frecuencias según sea su composición, su capa exterior si el cuerpo es opaco, y su temperatura absoluta.

La **transmitancia** en cambio depende del **medio** en el que se propaga la emisión, en nuestro caso: la atmósfera. La composición de este medio hará que tenga mayor o menor transmitancia , y esto hará a su vez que las emisiones tengan mayor o menor alcance (distancia) según la frecuencia en que son emitidas.

Así como hablamos de las moléculas de agua y CO_2, todo otro tipo de moléculas en suspensión (por ejemplo humo) actuarán sobre la transmitancia de la atmósfera.

El elemento de la naturaleza que más actúa es el agua en sus diferentes composiciones de agrupamientos moleculares, desde la bruma y rocío, hasta las gotas de lluvia, nieve o hielo.

Este efecto no sólo se produce en las frecuencias IR, sino que actúa en todo el eem, haciéndose sentir más en donde las dimensiones físicas coinciden con las longitudes de onda; por ejemplo, las gotas de lluvia afectan notablemente a los radares milimétricos, porque su dimensión es de algunos milímetros, que es la longitud de onda de los radares.

Cuando consideramos a los sensores, estas características de transmitancia hacen que algunos sean más eficientes que otros en determinadas condiciones climáticas, y asimismo, un determinado sensor no siempre rendirá lo mismo, pues depende notablemente de las características de propagación imperantes.

Volviendo al IR, las ventanas que antes vimos han hecho que desde el punto de vista empleo, se adopten dos ventanas:

- La de longitud de onda media (**mid wave window**) de 3 a 5 μ , que es la menos afectada por la humedad y polución; es sensible a objetos ¨calientes¨ como el fogonazo de un arma o la cola de gases de un misil.

- La de longitud de onda larga (**long wave window**) de 8 a 12 μ, que está limitada por la lluvia y humedad, pero es la más sensible a pequeñas diferencias de temperatura entre el blanco y su entorno.

El IR cercano por su parte, en donde lo que se capta es la energía solar reflejada a igual que en el espectro óptico, tiene la ventaja sobre éste que atraviesa niebla ligera, nubes de polvo, cortinas de humo, y la bruma de baja humedad. Asimismo puede operar de noche sin ninguna degradación.

En cuanto al radar milimétrico, el más próximo a estas frecuencias, puede penetrar el mal tiempo, el follaje y el suelo seco, y los factores que afectan su reflectividad son la conductividad eléctrica de los materiales, y la forma y tamaño en relación a la longitud de onda de la señal radar.

Respecto a los equipos láser, éstos operan en las bandas de frecuencias ópticas e IR, y por lo tanto están sujetos a las condiciones y características de estas bandas.

Los sistemas que operan en la parte baja del espectro, los distintos tipos de radares, las comunicaciones, y los sensores de guerra electrónica, también son afectados en su propagación, pero en una forma diversa, la que veremos al tratarlos más adelante.

LOS TIPOS DE SENSORES POR BANDAS DE FRECUENCIA

Haciendo un resumen de los sensores, hemos visto que las características que sensan están íntimamente ligadas con la parte del espectro que utilizan, por lo que podemos agruparlos en:

- UV
- Opticos
- IR
- Láser
- Radares milimétricos
- Radares en general
- Equipos sensores de guerra electrónica

En las páginas siguientes haremos un análisis de estos sensores, agrupándolos en aquellos que nos brindan la información que obtienen en forma de imágenes, los que nos la entregan en forma de señales, y finalmente los que nos permiten captar un contenido inteligente, sean datos o comunicaciones vocales.

PARTE II

LOS SENSORES DE IMAGEN

Podemos agrupar a casi todos los sensores en tres grandes áreas:

- Los que brindan la información en forma de **imagen**.
- Los que presentan lo que han captado como características de la **señal** detectada. Esta información se puede referir simplemente a la presencia de la emisión, o puede comprender su ubicación y sus parámetros.
- Los que podemos agrupar arbitrariamente en un tercer tipo de sensores: los de **contenido**; son los equipos COMINT. Para analizarlos nos apartaremos de lo que se entiende clásicamente como COMINT, ya que le prestaremos atención no tanto a las características del equipo de comunicaciones como transmisor o receptor, sino a la información que está siendo transmitida. A estos sensores a los analizaremos en forma separada de los otros dos agrupamientos.

Si consideramos los diferentes sistemas que presentan la información como **imagen**, éstos pueden ser agrupados por su forma de operar en: **pasivos** y **activos**.

A los **PASIVOS** los podemos clasificar en:

- Los que necesitan la **luz diurna** para operar en las frecuencias **ópticas**.
- Los que pueden funcionar con **bajo nivel de iluminación** (**L^3** - Low Light Level).
- Los que captan las emisiones **IR**.

A los sensores de L^3 e IR también se los suele agrupar como equipos de visión nocturna (**Night Vision**).

Por su parte, los **ACTIVOS** están constituidos por:

- **Radares milimétricos**.
- **Radares de apertura sintética** (**SAR** – Synthetic Apperture Radar).
- **LADAR** (LAser Detection And Ranging), a veces también denominado **LIDAR** (LIght Detection And Ranging), que es un láser operado con los principios del radar.

ALGUNAS PARTICULARIDADES A CONSIDERAR

A continuación analizaremos algunas características y parámetros que definen capacidades y debilidades de los sensores.

Píxel, Resolución, Field Of View

PIXEL

Es la composición por contracción de las palabras **PIC**ture **EL**ement (Elemento de Imagen); es la unidad de superficie de imagen, es una unidad en sí, aún cuando una costumbre muy popularizada lo suele describir en milímetros.

Lo que sí es posible es relacionarlo; por ejemplo, si se presenta una imagen de 2000 X 2000 pixels en una pantalla de 40 cm de lado, cada píxel tendrá un valor de superficie correspondiente de 0,2 X 0,2 mm; la misma imagen sobre una pantalla de 20 X 20 cm determinará que el píxel tenga un valor correspondiente de 0,1 X 0,1 mm.

La primera pantalla tendrá 5 pixel/cm y la segunda 10 pixel/cm.

RESOLUCION

También se puede relacionar la imagen en pixels con la escena que representa; así por ejemplo, si la imagen de 2000 X 2000 pixel representa una escena de 20 X 20 km, cada píxel tendrá un valor correspondiente a 10 X 10 metros; si la escena a representar tiene 10 X 10 km, cada píxel cubrirá 5 X 5 metros.

El píxel es el mínimo elemento discriminable en una imagen, y por tanto definirá la **resolución** de la escena representada por esa imagen, en los ejemplos que vimos recién, 10 X 10 m, ó 5 X 5 m.

FIELD OF VIEW / CAMPO VISUAL

Lo recién expresado nos muestra que con la misma cantidad de pixels podremos lograr una mayor o menor resolución, según sea el tamaño de la escena a captar.

A este tamaño lo podemos referir como una apertura angular o campo visual (**FOV** - Field Of View) que queremos cubrir, y que estará inversamente relacionado con la resolución que queremos lograr.

A igualdad de pixels, mayor resolución significa menor FOV, y viceversa, mayor FOV significa menor resolución.

El grado de resolución y el FOV requeridos dependerán del uso del sensor, y en algunos casos, un mismo sistema tendrá varios FOV con sus correspondientes resoluciones.

Normalmente se suelen considerar dos FOV:

- **Narrow FOV** (angosto): de aperturas menores a 20º, usados para reconocimiento e identificación de blancos, para su marcación, o para realizar la puntería.

- **Wide FOV** (ancho): de más de 20º, usados para observación, vigilancia, navegación, o adquisición de blancos.

Puede suceder que en algunos casos particulares se necesiten un gran FOV y una gran resolución pero no se disponga de la suficiente cantidad de pixels en la estructura de detectores. Una forma de lograr esa resolución es usar un **FOV ¨instantáneo¨** (el que en ese momento capta el sistema), y un **FOV ¨total¨**, producto de la integración de varios FOV instantáneos.

Actualmente se está en un cambio generacional en cuanto a las técnicas utilizadas para formar los FOV, por lo que trataremos de describirlas a todas.

Una de estas técnicas consiste en utilizar una rueda de espejos giratoria (micro scanner – mirrored wheel) que va enfocando la escena por partes sobre la estructura de detectores, la que permanece fija, y que sólo puede cubrir una parte de la escena por vez.

En este proceso, la parte de la escena enfocada por las ópticas del sensor es reflejada por uno de los espejos hacia los detectores; una vez detectada esta parte, se cambia de espejo para que refleje la parte siguiente de la escena, y se repite el proceso hasta que se completa la escena. A esta técnica se la conoce como ¨**entrelazado**¨.

Por ejemplo, supongamos tener una escena de 20 X 10 km a la que queremos captar con una determinada resolución. Si usamos una estructura de detectores de 128 X 512 pixels (con la que sólo cubriremos 5 X 10 km, debido a la resolución buscada), y repetimos 4 veces el proceso, lograremos representar la escena en una imagen de 1024 X 512 pixels, a la que fuimos detectando de a cuartos. Y diremos que esta imagen tiene un entrelazado 4:1.

Más adelante veremos como la tecnología fue permitiendo aumentar la cantidad de detectores en una estructura, logrando grandes FOV con muy buenas resoluciones.

Soporte en el que Registran la Imagen

Entre los elementos a considerar cuando se analizan los sensores, se debe tener en cuenta cual es el tipo de soporte en el que registran la imagen que captan, este es un factor sumamente importante ya que indica la rapidez (CR) con que se dispondrá de la información.

Este soporte puede ser:

- **Wet Film** (película húmeda): se refiere a la película emulsionable que debe ser procesada en laboratorio, utilizando revelador, fijador, etc. Esto significa que la información que brinda no será en tiempo real, ya que la plataforma que porta la cámara debe llevar la película al sitio de procesamiento y realizar éste, que es relativamente lento, antes de tener acceso a la imagen captada.

  Para su transmisión requiere otro proceso previo que también significa consumo de tiempo.

- **Dry Film** (película seca):Es la tipo polaroid, que permite el procesamiento a bordo de la misma plataforma del sensor, disponiendo de la imagen a los pocos segundos. Sigue siendo un elemento voluminoso, es caro, y para su transmisión tiene los mismos inconvenientes que el ¨wet film¨.
- **Video Tape** (cinta de video): En la década 80 se comenzó a utilizar componentes electrónicos sensibles a la luz en reemplazo de la película; de esta forma las ópticas enfocaban la imagen sobre un detector fotosensible, el cual, al ser alcanzado por los fotones liberaba electrones.
  Esto permitió que la imagen fuese manipulada como si fuera una señal electrónica. Así surgieron los equipos electro-ópticos (**EO**) u optoelectrónicos, conformados por una parte óptica y otra electrónica.
  En esos tiempos, el soporte (la memoria) más adecuado que podía registrar esa gran cantidad de información era la cinta de video. Esta no requería procesamiento alguno, sólo bastaba una simple tecla ¨play¨ en el equipo adecuado; pero todavía era información secuencial y lenta, aunque ya tenia la posibilidad de ser transmitida directamente desde la plataforma del sensor a medida que era captada.
  Para 1988 se logró utilizar la cinta de video para producir una imagen tipo fotografía; a esta técnica se la conoció como ¨**still video**¨ (video-fotografía), pero todavía era analógica.
- **Estado Sólido**: La evolución tecnológica finalmente permitió que mediante la utilización de dispositivos **CCD** (Charge Coupled Device / Dispositivo de Carga Acoplado) la información se registre directamente en memoria de estado sólido (como la RAM de las computadoras personales).
  El uso de CCD, que se ha hecho también popular en todos los equipos comerciales, permitió la conversión de la información analógica en digital, con todas las ventajas que ello implica, sobre todo en su procesamiento y transmisión, ya que lo que se busca ahora de los sensores es el procesamiento abordo en tiempo real, para una rápida y precisa marcación del blanco (dentro de su VTb).
  Cabe aclarar que esta técnica utiliza un soporte magnético de cualquier tipo, sea cinta, disquete, CD o disco duro. Hasta hace unos años lo común era usar la cinta de video (como los video grabadores caseros) debido a la limitada capacidad de memoria que poseían los otros medios.

Los Equipos Optoelectrónicos

Como recién mencionamos, los sistemas optoelectrónicos o **EO** (electroópticos),

están compuestos por una parte óptica (las lentes) y una electrónica (del detector hacia atrás, es decir: detector > lector > conversor A/D > archivo, y transmisión o presentación).

Para su funcionamiento, una vez que los fotones activan el detector, éste los convierte en electrones, y el proceso que sigue es totalmente electrónico; y salvo los sistemas de **L^3** (Low Light Level / Bajo Nivel de Iluminación) que utilizan válvulas intensificadoras de imagen, el resto de los sistemas utiliza componentes de estado sólido.

Según las características de los materiales que componen el detector, el sensor podrá captar imágenes en las longitudes de onda ópticas, IR cercano, o IR medio y lejano.

La mejor forma de describir su funcionamiento es relatando su evolución, para lo cual tomaremos como referencia un generador de imagen térmica o IR (Thermal Imager – TI), con la aclaración que lo que se describe a continuación se aplica a todos los sistemas EO, no sólo a los IR.

Los precursores fueron los IRLS (IR **Line Scanners** – barredor o escaneador lineal IR), llamados así porque la imagen era formada por el escaneado lineal de una franja de terreno directamente debajo y perpendicular al sentido de desplazamiento del avión portador. Este escaneado lo hacía mediante un espejo giratorio que enfocaba secuencialmente la imagen captada por las ópticas hacia un detector.

La señal detectada, que era producto de la conversión en electrones de los fotones que incidían sobre el detector, era amplificada y presentada en un tubo de rayos catódicos (TRC), el que actuaba como conversor de imagen, ya que sobre su pantalla se desplazaba una película emulsionable (wet film), en la que quedaba registrada la señal luminosa presente en el TRC.

El movimiento de avance de la plataforma permitía ir captando sucesivas franjas de terreno, las que se integraban para formar la imagen completa.

El ancho de la franja de terreno captada en cada escaneado lineal, dependía por tanto de las ópticas, de la altura de vuelo del avión, y de su velocidad de desplazamiento.

El paso siguiente fue colocar toda una línea de detectores, uno por cada píxel de imagen a captar. En los primeros experimentos se utilizaron 40 detectores por línea (o columna).

Había un problema a resolver: en la conversión a electrones también se produce ruido, el que era amplificado junto con la señal que nos interesa.

Este ruido tiene la particularidad que es gaussiano, es decir, no es siempre el mismo sino que se distribuye siguiendo una curva de Gauss, lo que hace que si se suman sucesivas detecciones, parte de ese ruido se anula a si mismo (uno con otro); lo que no sucede con las señales, que se suman.

Por eso se crearon ristras o tiras de detectores que aunque conservaban la misma cantidad por línea o columna (por ejemplo los 40 originales), cada elemento detector fue multiplicado por 4 en la misma posición dentro de la línea

o columna, con lo que constituían filas que captaban 4 veces la misma porción de imagen; y así se armó una estructura de 40 filas y 4 columnas. A estas estructuras se las referenciaba como 40 X 4, 180 X 4 (estas fueron las primeras europeas), o 288 X 4 (el standard europeo), mientras que USA adoptó 480 X 4.

También se las conoce como **TDI** (Time Delay and Integration / retraso de tiempo e integración).

Para describir su funcionamiento, si tomamos una de las filas de 4 detectores como referencia, la técnica consiste en retrasar (TD) proporcionalmente la señal de los primeros 3 detectores para luego hacer la suma (integración / I) de la señal captada por los 4 detectores.

Al integrarse la imagen que se recibe en forma repetitiva, tanto sea la señal como el ruido, aquella se multiplica por 4, mientras que éste, que como dijimos es gaussiano, se amplifica en la proporción $\sqrt{4}$ con lo que se refuerza la sensibilidad y la homogeneidad de la imagen.

Otro problema que se presentaba era la interconexión detector-lector de la señal, pues hasta entonces la conexión entre cada elemento detector y su lector se hacía por cable, lo que limitaba y hacía problemática la cantidad de conexiones, ya que los elementos medían 20 X 20 μ, a igual que la separación entre ellos.

Desarrollos posteriores encontraron como solución realizar pequeñas protuberancias de Indio (llamadas ¨bump¨) en la matriz de los elementos lectores, de forma que la matriz de detectores apoye directamente sobre ellos. Esto dio origen a los **CCD** (Charge Coupled Device / dispositivos de carga acoplados), que son circuitos que permiten la transferencia directa de las cargas eléctricas de los detectores a los lectores.

Adquirida esta tecnología, hubo un paso intermedio de estructuras de 288 ó 480 X 16, con lo que la relación señal ruido (S/N) era 4 a 1, antes de pasar a las estructuras bidimensionales, primero de 256 X 256 pixels (elementos detectores), y actualmente de 2000 X 2000 y mayores, que presentan la imagen completa.

En estas estructuras un mosaico de detectores cubre todo el FOV (campo visual), eliminando así la necesidad del escaneado. Fueron denominados **FPA** (Focal Plan Array / estructura en plano focal) y también ¨**Staring Array**¨(estructura de visión fija), por contraste con los anteriores, los que funcionaban mediante el escaneo sucesivo, de línea por línea, o de las 4 ó 16 columnas en paralelo, y eran conocidos como **LS** (Line Scan / barrido o escaneado lineal).

Como ya vimos, al reemplazarse el ¨wet film¨ por la estructura de detectores, el sistema pasó de óptico puro a opto-electrónico, y la señal se pudo manipular electrónicamente; esto permitió la grabación sobre cinta de video, al principio aún en forma analógica, y después, al agregar convertidores A/D (analógico/digital) a continuación de los CCD, en forma digital.

Además, la disponibilidad de la imagen en forma de señal electrónica permitió su transmisión, primero también en forma analógica, y luego digital, y

ésta a su vez primero sin compresión y luego en forma comprimida.

Cuando se poseyeron dispositivos de archivo (memorias) de estado sólido con suficiente capacidad, éstos reemplazaron a las cintas de video.

Para terminar de mejorar las imágenes se buscó solución al movimiento de las plataformas que no siempre son lo suficientemente estables, especialmente cuando se usan LS, haciendo que a veces se produzca un ¨blurring¨ de la imagen (imagen borrosa). Para compensarlo se desarrolló el **FMC** (Forward Motion Compensation feature / dispositivo de compensación del movimiento de avance).

Los detectores que vimos hasta ahora son dispositivos que convierten la energía de los fotones en una señal que es proporcional a la cantidad de energía recibida, por eso se los conoce como **detectores de ¨efecto cuántico¨**. Tienen el problema que parte de los electrones liberados producen el ¨ruido térmico¨ que ya mencionamos antes; la solución para esto, como veremos al considerar los detectores IR, es la refrigeración de los dispositivos, lo que también tiene sus correspondientes inconvenientes.

En procura de una solución se ha recurrido a **detectores bolométricos**, consistentes en composiciones de materiales que tiene la propiedad de variar su resistencia eléctrica en función de la cantidad de fotones que reciben; esto hace que se elimine el problema del ruido térmico, y por lo tanto también la necesidad de refrigeración.

Pero todavía resultan difíciles de producir, ya que el material detector debe ser extremadamente delgado para que pueda reaccionar rápidamente a los cambios en la cantidad de fotones que recibe.

Como el sustrato sobre el que se fabrican es el **CMOS** (Complementary Metal Oxide Semiconductor / semiconductor de oxido metálico complementario), es con este nombre que se los conoce.

En **resumen**, para la captación de imágenes podemos encontrar sistemas sensores:

- De escaneado lineal (**LS** – Line Scan), con procesamiento fotográfico y registro en wet film.
- De escaneado lineal electroóptico (**EOLS**), con:
  - Procesamiento analógico y registro en cinta de video.
  - Procesamiento digital y registro en cinta de video.
  - Procesamiento digital y registro en estado sólido.
- De visión fija (**Staring**) o **FPA** (Focal Plan Array / estructura en plano focal) electroóptico, con procesamiento digital y registro en estado sólido.

Asimismo, podemos agrupar a estos sensores de imagen según sus características de sensibilidad en:

- Los que necesitan la luz diurna para operar.
- Los de luz residual.
- Los IR.

SENSORES QUE NECESITAN LA LUZ DIURNA

Estos son los sensores más conocidos, por lo que no insistiremos en ellos. Sólo consideraremos algunos aspectos, en especial aquellos que son fruto del desarrollo de sensores digitales.

Visión Directa y TV

Los del tipo de **visión directa** y de visión mediante **TV** diurna siguen basados en los mismos conceptos, sea que se los utilice para las armas de defensa aérea o como visores para plataformas.

Fotografía y Video Digitales

Como vimos al hablar de los sensores en general, el gran cambio, sobre todo en fotografía, se debió a la posibilidad de reemplazar la película emulsionable (wet film) por un soporte de estado sólido, con lo que la imagen se hizo digital, con todas las posibilidades que ello significa.

Por supuesto, quien más se benefició con esta tecnología fue el reconocimiento aéreo fotográfico.

No han pasado muchos años, ya que la empresa Kodak logra la primera fotografía digital en 1991, desarrollando el ¨**DCS**¨ (Digital Camera System – sistema de cámara digital), que logra lo que denominan ¨**Still Video**¨ (video fotografía) **digital**, utilizando como base una Nikon F3, a la que le reemplazó la película por un FPA que tenía 1,3 Mpixels (1000 X 1200 elementos).

La cámara fue conectada a una computadora laptop con un software desarrollado por USNAVY llamado ¨LITE¨ (Laptop Imagery Transmission Equipment / equipo de transmisión de imágenes con laptop). Operada por el OSA (Oficial del Sistema de Armas) de un avión biplaza, permitió la transmisión en tiempo real de la imagen captada; esto contrasta con el procedimiento que se poseía con las cámaras de película, que necesitaban que el avión regresase a su base y la película procesada en un laboratorio antes de que la imagen estuviese disponible.

La cámara digital y la transmisión simultánea es la única que resuelve el problema tiempo para el targeting de blancos móviles.

Esta nueva capacidad permite que no haya misiones que ataquen blancos que ya fueron destruidos, o que no encuentren a las unidades móviles a las que fueron a atacar porque éstas cambiaron de ubicación. Igualmente solucionó los problemas que existían para el apuntado mediante comparación de imágenes.

Desde entonces hubo una gran evolución en las cámaras, tanto fotográficas como de video o TV; lo podemos apreciar cuando por unos pocos pesos podemos adquirir esta misma tecnología en cualquier negocio de fotografía.

Pero en el nivel superior, el de las cámaras para fotografía aérea, la

tecnología sigue siendo costosa; por eso en el mercado se pueden encontrar incluso cámaras antiguas a las que se les ha injertado un FPA en el plano que antes ocupaba la película.

Por ejemplo, a una vieja cámara KA-55 se le colocó un CCD de 32.000 X 8.000 pixels, con lo que logra imágenes a 20 Kft, con un ancho de barrido (swath) de 6 NM y 1 pie de resolución; cubriendo 600 millas náuticas cuadradas por hora. En algunos casos se utiliza como archivo un cassette de 8 mm (el común de video grabadora), en otros un disco duro removible o un ZIP, o una RAM en chip.

La segunda nueva capacidad que brinda la imagen digital está relacionada con su manipulación.

Una de sus aplicaciones es la detección de blancos móviles sobre el terreno; para ello se sacan 2 fotografías de la misma escena, una detrás de otra con 0,4 a 0,6 segundos de diferencia; luego se combinan las imágenes, superponiéndolas electrónicamente con polaridad inversa; de esta forma el proceso rescata sólo aquellos objetos que no coinciden, con un procedimiento parecido al que se aplicaba antiguamente con el MTI (Movil Target Indicator / indicador de blancos móviles) en radar, pero utilizando la información contenida en cada píxel como referencia. Este procedimiento incluso permite determinar la dirección y la velocidad de los móviles.

Asimismo, las dos posiciones de la plataforma permiten hacer una triangulación para determinar la distancia a los blancos, en el caso de las fotografías oblicuas.

La misma técnica permite bajar notablemente los tiempos para el análisis de las imágenes, ya que al superponer para comparar 2 imágenes sacadas con un cierto intervalo, inmediatamente van a resaltar aquellos objetos nuevos que fueron agregados a la escena, o aquellos que no aparecen en la segunda toma, además por supuesto de los que han sido desplazados.

Esto permite detectar, sin necesidad de un análisis, cualquier variación en la escena que indicará por ejemplo si ha habido actividad de los blancos móviles; y asimismo, analizando ahora si en detalle las imágenes, cuales blancos móviles no se han movido, sea porque están fuera de servicio, sea porque son señuelos, etc.

La imagen digital y su posibilidad de transmisión en tiempo real abrió otras capacidades.

Una de ellas fue solución para la evaluación del efecto de daño producido por las armas (**BDA** – Battle/Bomb Damage Assessment). Antiguamente era necesario un vuelo de reconocimiento para determinarlo; ahora, la imagen que capta el avión atacante que sigue, sea ésta óptica o IR, sea la provista directamente por los sensores del avión, o la captada por el seeker de la munición guiada y transmitida a la plataforma guiadora; ésta será la imagen que se transmitirá hacia los puestos comando para evaluar el efecto que produjeron las armas que lanzó el avión anterior.

Esta misma imagen es la que será utilizada por las misiones que siguen, en aquellos casos en que el seeker se basa en la comparación de imágenes; con lo

que se soluciona el problema que existía hasta hace unos años, de que los seekers no reconocían al blanco porque la forma de éste había sido modificada por los ataques anteriores.

Igualmente, el piloto no tiene que sufrir las presiones de los interrogatorios post-misión, ni se debe esperar su aterrizaje para saber que pasó; ya que todo lo que los sensores de la plataforma captaron, más la posición GPS y actitud de la plataforma en el momento de la captación, ya fueron transmitidas en forma inmediata.

Esto, además de permitir que el piloto se concentre en el ataque, elimina el grado de subjetividad que solían tener las apreciaciones post-misión.

Cabe aclarar que aún cuando hemos estado hablando de sensores ópticos de luz diurna, lo analizado es válido también para los sensores de luz residual y de imagen IR.

Las Cotas de Vuelo para la Fotografía Aérea

Por lo que hemos visto sobre las defensas aéreas, si el sensor nos obliga a volar por debajo de los 15 Kft, deberemos prever todo lo que la plataforma necesitará para supervivir, en especial si para las tomas se requiere que el vuelo sea recto y nivelado. Aunque, a la luz de lo demostrado en los últimos conflictos, lo más conveniente sería tener una buena dotación de aviones de reconocimiento, ya que la probabilidad de supervivencia sin duda es muy baja.

Esto nos lleva a que la verdadera solución es hacer el reconocimiento por arriba de esos 15 Kft. Pero aquí surgen dos problemas; aparte de la necesidad de disponer de equipamiento con la adecuada resolución para esas cotas, el cubrimiento de las nubes limita las oportunidades para captar imágenes ópticas; lo vimos en el conflicto de Kosovo.

Como referencia, estadísticamente, el cielo está cubierto alrededor del 75% del tiempo en los trópicos, y el 30 al 50% del tiempo en las zonas templadas.

Multi e Hiper espectral

Sabemos que en el espectro visible a cada color le corresponde una longitud de onda específica en la cual refleja la luz; cuando se analiza esta ¨respuesta espectral¨, no como colores, sino como la emisión o reflexión que producen los cuerpos (objetos) en las distintas longitudes de onda, se observa que un mismo cuerpo tiene una radiación o reflexión de características particulares para cada una de las distintas bandas o subbandas en las que se pueden dividir los espectros óptico e IR.

Esto se debe a que la composición de los cuerpos, o de su capa exterior en el caso de los opacos; es decir, los materiales de que están hechos, los minerales que componen el terreno, tipo de vegetación, sus condiciones de humedad, etc., hacen que sus emisiones sean más intensas en una frecuencia que en otra.

Esto ha permitido que, si se divide la banda del espectro a sensar en subbandas, según la reflectividad o emisividad que se detecta en cada subbanda se pueden determinar las propiedades físicas y la composición del cuerpo u objeto emisor.

En nuestro caso particular, esta técnica nos permitirá distinguir por ejemplo un tanque real, hecho en metal, de un señuelo hecho con caucho inflable.

También de esta forma se pueden detectar los blancos camouflados, dado que las respuestas del blanco y su camouflaje son diferentes en las distintas subbandas, o se lo puede detectar porque su emisión es diferente a la de la vegetación que lo cubre.

Es decir que, según sea la parte del espectro que se analice, se pueden obtener imágenes distintas pero que guardan una cierta similitud, y cada una expresa una determinada característica del objeto, la que no se detecta al observarlo con el espectro completo.

Por eso se comenzaron a subdividir las bandas en subbandas cada vez más estrechas, cada una con su correspondiente dispositivo detector.

El resultado de esto fue el diseño de sensores, primero **multiespectrales**, divididos en 2 a 15 subbandas, en el orden de 10 a 15 nanómetros de ancho; aunque lo usual es 4 bandas, en las frecuencias del verde, rojo, azul, e IR cercano.

La posterior evolución llevó al desarrollo de sensores **hiperespectrales**, con capacidad para analizar 100 o más subbandas. Un ejemplo es el dado por el satélite Mightysat II lanzado el 19JUL00, que cubre la banda de 0,45 a 1,05 μ con 145 subbandas o canales.

A la capacidad de discriminación que brinda esta subdivisión se la denominó **resolución espectral**, y en proporción, cada subbanda del hiperespectral abarca la décima parte de lo que cubre cada subbanda del multiespectral.

Como en cada una de las subbandas se forma una imagen completa, la que se debe procesar en paralelo con las otras imágenes del resto de las subbandas; esto se traduce en sistemas voluminosos y que requieren extraordinarias capacidades de archivo de la información y de su posterior procesamiento y comparación o integración.

Por eso lo normal es usar pocas subbandas, salvo que se requiera un análisis muy detallado y puntual. Lo clásico en estos casos es utilizar el sistema multiespectral con una de sus subbandas en el IR cercano.

Aún cuando por ahora el hiperespectral tiene más aplicación en el campo científico que en el militar, se espera que en el futuro sea usado para identificar los blancos mediante la determinación de su ¨impronta¨ (signature) dada por la composición de sus materiales. De esta forma la identificación se realizaría por resolución espectral en lugar de resolución espacial (imagen visual).

En el campo comercial ya se ha logrado que esta resolución espectral permita hacer, por ejemplo, un análisis de las cosechas o vegetación que posibilita

estimar:

- Contenido o producción de nitrógeno.
- Contenido de clorofila.
- Contenido de pesticidas.

SENSORES DE IMAGEN POR LUZ RESIDUAL

Estos sensores, también conocidos como ¨**Image Intensifiers**¨ (**I2**) (Intensificadores de Imagen), son pasivos, y se basan en la intensificación de la luz residual que existe durante la noche, normalmente de fuentes naturales como la luna o las estrellas; o la producida por fuentes artificiales. Basta esa poca iluminación para que puedan captar imágenes que son invisibles al ¨ojo desnudo¨.

La agudeza visual del ojo humano en condiciones nocturnas medias, es de 20/200; con los intensificadores de imagen, esa agudeza fue llevada a 20/40, y últimamente a 20/30.

El corazón del sistema es una válvula amplificadora/conversora (image intensifier tube / válvula intensificadora de imagen) con un cátodo sensible a los fotones (fotocátodo), una grilla amplificadora (**MCP** – microchannel plate / grilla de microcanales), y una pantalla de fósforo que actúa como ánodo.

Los fotones de la luz residual estimulan al fotocátodo haciendo que éste emita electrones, éstos son encaminados a través del MCP, el que producirá la amplificación de la señal. El MCP es una placa con millones de microperforaciones: los canales. Los electrones al pasar por los canales chocan con sus paredes, produciendo el desprendimiento de más electrones en un efecto avalancha. El resultado es la amplificación de la débil señal de entrada.

El flujo de electrones luego choca con la pantalla de fósforo produciendo el desprendimiento de fotones cuya frecuencia de emisión es la que capta el ojo humano, al que llegan a través de un acoplador de fibra óptica.

Delante del fotocátodo se encuentra la parte óptica (las lentes) que dará la magnificación y el campo visual (**FOV** – Field Of View) de la imagen.

El clásico color verde-amarillento de las imágenes se debe al tipo de fósforo usado, el cual emite en el centro del espectro visual (el ojo vé entre las longitudes de onda de 390 y 760 nanómetros).

Aunque el elemento esencial es una válvula, los usos y costumbres han hecho que en castellano normalmente se lo llame ¨tubo¨, por la traducción inapropiada del inglés ¨tube¨ (válvula), en la misma forma que se habla del ¨tubo¨ de rayos catódicos de un televisor.

Tipos de I2

Su uso más difundido es como ¨anteojos de luz residual¨ o de ¨visión nocturna¨ (**NVG** – Night Vision Gogles), pero también son empleados como miras para las armas o como sensores montados en plataformas, generalmente vehículos,

tanques y helicópteros.

ANTEOJOS DE VISION NOCTURNA O DE LUZ RESIDUAL

Los anteojos de visión nocturna pueden ser de mano (tipo anteojos de campaña) o ser parte de la indumentaria (wearables), originalmente con un arnés para la cabeza, y luego montados en el casco o integrados a él.

Pueden estar constituidos por un solo intensificador para los dos ojos, o por un intensificador para cada ojo. Ultimamente en USA se ha experimentado con los **PNVG** (Panoramic NVG / anteojos panorámicos) que utilizan dos intensificadores por cada ojo.

Estas variantes están relacionadas con el campo visual (**FOV** – Field Of View) y con la posibilidad de tener visión estereoscópica.

El FOV de la mayoría de los equipos es de 40º X 40º, algunos poseen 60º en el plano horizontal, y en el caso del PNVG éste es de 100º, de los cuales los 30º centrales son binoculares.

En el caso de su uso por pilotos, éstos tienen otras necesidades de visión, sobre todo el instrumental de cabina, que en muchos casos, todavía no está preparado para ser visto a través de los anteojos, ya que la luz que irradia es demasiado intensa, produciendo halos y el enceguecimiento del piloto, aún en el caso de los anteojos de última generación que poseen un control de ganancia que actúa en función de la cantidad de luz que reciben.

Una de las opciones es aprovechar la separación de aproximadamente 25 mm que queda entre el ojo y el anteojo, y así mirar el instrumental por debajo de los anteojos, pero la adaptación de un tipo de visión a otro demanda un tiempo, tiempo que a veces el piloto no tiene.

Otra solución es la que utilizaba USAF hasta hace poco, que también es de tipo casero. Antes del vuelo se tapaba el instrumental con la película fabricada para proteger las ópticas de los efectos de los láser, la que sólo permite pasar las longitudes de onda del rojo e IR cercano; pegando además con velcro luces químicas (Chemglo Sticks) en lugares estratégicos de la cabina para que la iluminación fuese adecuada a los NVG.

Lo ideal es tener una cabina adaptada para los dos tipos de iluminación: con y sin anteojos.

El mismo problema de las fuentes de luz intensa se tiene cuando se vuela en formación, con las luces de posición del otro avión.

Otro problema más. En caso de tener que eyectarse, el peso de los anteojos fuera del eje de la columna produce un momento de fuerza que repercute en el cuello.

Buscando solución a todos estos problemas se está evolucionando hacia una presentación indirecta de la imagen, usando CCD para poder manipular electrónicamente la imagen y proyectarla holográficamente sobre un visor transparente incorporado al casco frente a los ojos del piloto, y con los **I2**

adosados o integrados al casco.

De esta forma la imagen de los intensificadores y la normal están integradas, y además, se le puede superponer información crítica para el vuelo o la misión, como si fuera un HUD (Head Up Display), dándole plena libertad de movimientos al piloto. Son los **HMD** (Head/Helmet Mounted Display / presentación montada en el casco).

El uso de CCD presenta otra ventaja; lo que el piloto ¨ve¨ se puede grabar, o se puede transmitir directamente a retaguardia, con lo cual el piloto se transforma en una fuente de información en tiempo real, más la ventaja de que el interrogatorio de inteligencia al regreso de la misión ya no es más necesario.

Aunque hemos hablado de pilotos, lo mismo es aplicable a los infantes o cualquier otro tipo de personal.

MIRAS PARA ARMAS

Las miras **I2** para las armas utilizan el mismo principio, y sólo cambia la parte óptica según sea el alcance de cada arma, permitiendo distinguir a una persona a 300 m, o detectar un blanco hasta 400 ó 600 m.

Sus FOV son más reducidos, entre 8,5 y 15º, estando la mayoría de los visores alrededor de los 10º.

MONTADOS EN PLATAFORMAS

En este caso los **I2** siempre van a estar acoplados a CCD que permitirán que la imagen sea presentada en una pantalla frente al usuario, por ejemplo, el conductor de un vehículo, que puede conducir perfectamente de noche sin luces, mediante una pantalla adosada a su parabrisas. Esta fue la solución a uno de los problemas que se detectaron en la guerra del Golfo: la logística, munición, etc. no podía seguir a los sistemas de armas de noche en forma discreta (sin luces).

TV DE BAJO NIVEL DE ILUMINACION

Estos sistemas, también conocidos como **L^3 TV** (Low Light Level TV), están basados también en la intensificación de imagen. Su característica es que para la captación de la imagen el sistema de TV lo hace a través de un I2.

Hay dos técnicas distintas en las que se basan los sistemas. En la primera, un tubo de cámara de TV, equipado con una adaptación de fibra óptica, está acoplado al I2.

En la segunda, el cañón de la cámara de TV y el I2 están contenidos en una misma válvula al vacío. Se los conoce como ¨Intensified Vidicons¨ (vidicones intensificados).

Los L^3 TV son muy sensibles a las luces brillantes, por eso no han sido muy aceptados, prefiriéndose los equipos de imagen térmica.

El Rango de Frecuencias en las que Operan

La distribución espectral de la luz y sus reflexiones no es uniforme; depende de la fuente y de los objetos que la reflejan.

Por ejemplo, la luz de las estrellas está en el rojo y el IR cercano, la luz de la luna en el azul/verde. La vegetación refleja más el rojo y el IR cercano, las costas y el desierto el azul y el verde.

Los primeros **I2** trataban de cubrir principalmente el mismo espectro que el ojo humano, por eso los equipos cubrían entre los 350 y los 880 η (nanómetros).

Luego se observó que en las condiciones más críticas, con sólo la luz de las estrellas, la mayor iluminación provenía del rojo e incluso del IR cercano; y los intensificadores comenzaron a correrse poco a poco en el espectro, primero entre 450 y 950 η, y luego entre 600 y 1100 η. Y se acuñó el término de ¨dispositivos de espectro dual¨.

Asimismo, gran parte de la luz que molesta o daña, produciendo halos brillantes o saturación de luminosidad está en las frecuencias azul/verde, sucediendo lo mismo con los lásers llamados azules; esto llevó a que se procurara poseer poca sensibilidad en las longitudes de onda por debajo de los 600 η.

Performances

No hay normas precisas para evaluar las performances de los I2, lo más práctico es la comparación bajo condiciones idénticas; no obstante se puede considerar que:

- A bajos niveles de iluminación la performance dependerá de la relación S/N (señal/ruido).
- Con relativamente altos niveles de iluminación, será la resolución quien dé la performance; y a igual que la resolución óptica, puede estar dada en ¨pares de lineas/mm¨, en ¨miliradianes¨, o en ¨ciclos/miliradian¨.

Sus alcances están en el orden de los cientos de metros.

Son fácilmente degradables, sea con una iluminación intensa y continua que capture el CAG (Control Automático de Ganancia), sea con una radiación, normalmente en el IR cercano, en forma de flash y con una cadencia tal que puede provocar la desorientación espacial del usuario.

Basados en la forma en que fueron evolucionando, se los agrupa por generaciones:

- GEN 0: Disponible en los años 50 y 60, tenían una sensibilidad de 60 μ amperes/lumen; operaban en la región del azul-verde y la mayoría necesitaba recurrir a un iluminador IR.
- GEN I: Se mejoraron los fotocátodos, con lo que se alcanzó una

sensibilidad de 180 – 200 μ amperes/lumen. Fueron los primeros realmente pasivos.

- GEN II: En los años 70 se comienza a utilizar el μ channel plate (MCP), lográndose sensibilidades de 250 - 300 μ amperes/lumen; utilizando también el IR cercano.
- GEN III: En los años 80, nuevos fotocátodos y MCP logran una sensibilidad de más de 800 μ amperes/lumen, cubriendo las longitudes de onda de 450 a 950 nanómetros.
- GEN IV: A fines de los años 90 se soluciona un problema de emisiones de retroalimentación que tenía la GEN III, y se mejora la relación S/N, logrando imágenes más limpias.

SENSORES DE IMAGEN TERMICA

Son conocidos como **TI** (Thermal Imagers).

Ya vimos que en la parte media del espectro IR se encuentran dos ¨ventanas¨ de buena transmitancia, una entre **3 y 5** μ conocida como de **IR medio**, y otra entre **8 y 12** μ (algunos la extienden hasta 14 μ) llamada de **IR lejano**; las que son utilizadas para captación de imágenes IR.

Las condiciones ambientales y meteorológicas afectan a ambas bandas, haciendo que lo que es bueno en determinadas condiciones ambientales, es malo en otras; por eso es vital saber sobre los regímenes meteorológicos y de temperatura, y como afectan a las bandas.

Por ejemplo, la de 3 a 5 μ es menos afectada por las variaciones de temperatura atmosférica ambiente, pero es más dispersada por el humo y neblina. Igualmente, la hora del día hace que su comportamiento sea distinto, las peores horas son del amanecer al anochecer; sobre todo en la banda de 8 a 12 μ la imagen a veces se ve un poco velada entre las 4 y 7 PM.

Con las temperaturas típicas diurnas que van de 10 a 35º, la longitud de onda de la emisión IR de la mayoría de los cuerpos y objetos naturales es de 10 μ , longitud de onda que se transmite fácilmente a través de neblina, bruma, polvo y humo.

Vemos así que la temperatura de los objetos y su entorno son muy variables, ya que dependen del estado operativo del blanco, la hora del día, la meteorología, el tipo de entorno (árboles, pasto, arena, desierto, etc.) y la ubicación geográfica.

Por otra parte, como la representación del ambiente se realiza sobre la base de las diferencias térmicas en lugar de las cromáticas como es el caso de la luz visible, el IR permite detectar un número de detalles diferentes; por eso puede superar el enmascaramiento visual, o puede descubrir otra información relacionada con la temperatura y que la imagen visible no muestra.

Por ejemplo, se puede saber si un vehículo acaba de ser usado por las radiaciones de sus cubiertas o el motor. Asimismo, los objetos calientes dejan una imagen térmica en el lugar donde estuvieron colocados (detenidos): un avión que acaba de ser movido, deja su impronta marcada por un cierto tiempo en el lugar de la plataforma donde estuvo estacionado.

Si se compara a los TI con los I2, los primeros tienen mayor alcance y pueden ser usados con cualquier intensidad luminosa, tanto de día como de noche sin recaudos especiales; tenían los inconvenientes de precio y volumen, pero las últimas tecnologías los han ido solucionando, por lo que paulatinamente van reemplazando a los I2 en las instalaciones en plataformas.

Los Detectores y su Refrigeración

La captación en el espectro IR se basa en la conversión en señal o imagen de la energía irradiada.

Los elementos conversores de esa energía son los detectores, cuya sensibilidad es función de la composición de los materiales de que están fabricados. La más utilizada es una composición de Cadmio, Mercurio y Telurio, y por eso normalmente los detectores son referidos como ¨**CMT**¨; a veces también se los menciona como ¨**fotovoltaicos**¨ o ¨**de fotoconducción**¨, esto es por la forma en que fueron fabricados.

También se los llama ¨**cuánticos**¨, ya que la señal eléctrica que emiten es proporcional a la cantidad de radiación de energía que están captando.

La composición CMT es una de las más sensibles en ambas bandas, y para operar en una u otra banda sólo es necesario ajustar la proporción de sus componentes en el momento de su fabricación.

Cuando la radiación IR que incide sobre los detectores es convertida en electrones, éstos no se desplazan todos en la misma dirección al ser liberados, sus vectores velocidad tienen dos componentes, una en el sentido axial: la deseada de desplazamiento, y otra tangencial. Esta componente tangencial va a provocar una agitación de los electrones que se conoce como ¨**ruido térmico**¨o ¨electrónico¨.

Este ruido será el causante del pobre rendimiento del sistema debido a una baja relación S/N (señal/ruido). Para mejorarla (para ¨aquietar¨ a los electrones), los dispositivos deben ser refrigerados.

Aquí hay dos elementos que intervienen, uno es la energía de los fotones, la que disminuye a medida que aumenta la longitud de onda, disminuyendo por lo tanto la señal que producen. Por eso se necesita menos enfriamiento para disminuir el ruido en la banda 3 a 5 μ que en la 8 a 12 μ.

El otro aspecto que influye en la necesidad de refrigeración está dado por los materiales de los que está compuesto el detector, por lo que algunos necesitan más refrigeración que otros.

Existen unos materiales llamados ¨**piroeléctricos**¨, que permiten su

funcionamiento con poca o ninguna refrigeración; pero no debemos olvidar que los materiales de la composición del detector son los que establecen su sensibilidad según la banda de frecuencias de operación, y por ahora los piroeléctricos encontrados no satisfacen las expectativas.

Mientras tanto, para tener una buena relación S/N los detectores que operan en la banda de 3 a 5 μ deben refrigerarse a aproximadamente 175ºK (grados Kelvin, -98ºC), mientras que los de 8 a 12 μ deben estar a 77ºK (-196ºC).

A estos valores generales se les deben agregar las variaciones que son función de las características propias de los materiales usados en el detector.

Existen dos tipos de refrigeradores:

- **Termoeléctricos**, o de técnica **Peltier**: Se basan en las características de disipación de calor que tienen algunos elementos cuando pasa una corriente eléctrica. Son aptos para refrigerar a 175/210ºK a los sistemas que operan en 3 a 5 μ .
- **Criogénicos**: conocidos como refrigeradores de **ciclo cerrado** o **Joule Thomson**. Utilizan gases licuados y funcionan igual que una heladera doméstica. Son los que más enfrían y son necesarios cuando se quiere utilizar la banda 8 a 12 μ , que opera a 77ºK aproximadamente.

Los Tipos de TI

Según la forma en que se realice el barrido de captación IR y se procese la información, dispondremos de ésta en forma de imagen (mediante un **TI - thermal imager** / generador de imagen térmica), o en forma de un punto caliente (hot spot) en el espacio.

Por ahora sólo trataremos los generadores de imágenes térmicas (TI).

El principio de funcionamiento ya fue descrito cuando lo utilizamos como base para explicar como había sido la evolución de los dispositivos detectores en general. A esa descripción la tomaremos como referencia en el análisis de los distintos sistemas que haremos a continuación.

IRLS / SLIR

Como vimos, el **IRLS** fue el precursor de los sistemas de imagen IR, montado en la parte inferior de un avión, lograba las imágenes por el escaneado sucesivo de franjas de terreno, el que combinaba con el desplazamiento del avión portador para formar las imágenes; por lo que se debían sincronizar la velocidad de escaneo y la velocidad del avión para que ocurriera una continuidad de la imagen.

Actualmente a nivel internacional se pueden encontrar, desde el primitivo sistema que utilizaba película (wet film) como soporte, hasta los de tipo ¨staring¨, a los que en realidad no correspondería llamar ¨line scanning¨, pero los usos y costumbres han hecho que se lo clasifique como IRLS.

Tomando como base el mismo principio, cuando las cámaras se colocaron en posición oblicua para captar imágenes laterales, surgieron los **SLIR** (Side Looking IR / IR de visión lateral).

FLIR

El **FLIR** (Forward Looking IR / visión IR hacia delante) fue la evolución lógica cuando los sistemas pudieron liberarse del wet film y presentar la información en forma de imagen en una pantalla.

Fueron llamados FLIR porque en su primera aplicación fueron montados en los aviones de ataque al suelo para lograr una visión hacia el frente que posibilitara la navegación y detección de blancos terrestres durante los vuelos nocturnos. El término se difundió tanto que a veces se aplica para definir a cualquier TI.

Aunque todos se basan en dispositivos optoelectrónicos, se encuentran aquellos que usan el escaneo lineal (**LS**), por ejemplo con estructuras (arrays) de 480 X 4 elementos detectores; o los que usan la imagen de visión fija (**staring**) o FPA, por ejemplo con estructuras de 480 X 640 detectores.

Se los suele agrupar por generaciones (de evolución tecnológica):

- Gen I: Son los de escaneado lineal de una sóla línea o columna.
- Gen II: Son los TDI; por ejemplo de 480 X 4 elementos.
- Gen III: Son los FPA o staring.

El alcance también fue evolucionando con las generaciones, así ahora se dispone de FLIR que pueden: detectar un vehículo en movimiento a 50 km o más, e identificarlo a los 20 km o más.

Cuando se usa abordo de un helicóptero cumple las mismas funciones, con la ventaja, si está montado en una torreta en la parte inferior o en un mástil sobre el rotor, que tiene un campo visual total (**FOR** – Field Of Regard, a veces también llamado **TFOV** – Total FOV) (el campo visual total que puede cubrir el FOV cuando se lo gira o desplaza), de 360º.

Navegación y Targeting

El FLIR es utilizado en dos funciones: navegación y ¨targeting¨ (detección y marcación de blancos), debido a que para un buen lanzamiento de las armas se necesita una buena navegación de aproximación.

Ambas funciones tienen requerimientos diferentes: mientras para la navegación se necesita el mayor FOV posible, que le permita al piloto apreciar la situación de su entorno y le facilite las corridas a baja altura, para el targeting se necesita una imagen lo más definida posible para poder reconocer e identificar los blancos, y que esto se pueda hacer lo más lejos posible.

Ello hace que los FLIR tengan al menos 2 FOV, y deseable 3 FOV, para:

- Navegación: con un FOV de aproximadamente 20º X 25º.

- Detección del blanco: con un FOV que oscila en los 5º X 5º.
- Selección del blanco: con valores de FOV de alrededor de 1º X 1º.

Como en los aviones de ataque la imagen se mueve muy rápidamente con respecto al avión, el régimen de escaneado debe ser alto, y los tiempos de integración de la imagen deben ser bajos, para asegurar que lo que el piloto ve es la escena real de ese momento.

USO PARA NAVEGACION: Aunque para navegación se dispone del radar de seguimiento del terreno (Terrain Following Radar), se prefiere el FLIR por ser discreto, ya que no emite.

El FOV de 20º a 25º, aunque amplio, lo mismo es una limitación para navegar con comodidad y con cierta seguridad, sobre todo en los virajes a baja cota, ya que el piloto sólo ve dentro de esos aproximadamente 20º X 25º.

Por eso para algunos FLIR se desarrollaron las capacidades ¨**snap look**¨ (dar una ojeada) y ¨**look into turn**¨ (mirar hacia el viraje), que permiten apuntar el FLIR hacia el costado o hacia el lugar hacia donde se va a realizar el viraje.

Esto hace que un parámetro importante, válido también para targeting, sea el desplazamiento angular que puede cubrir el FLIR haciendo que las ópticas cabeceen o roten independientemente del avión: el llamado FOR o TFOV.

Como ayuda para la navegación, usualmente son complementados con una base de datos del terreno, integrada con el sistema de navegación y con un generador de símbolos de vuelo para proveer detalles de altitud y velocidad, así como información de precaución.

USO PARA TARGETING: Cuando se analiza todo el proceso de targeting, se aprecia que el blanco puede ser alcanzado por una munición guiada:

- Mediante la iluminación permanente del blanco (por ejemplo con un láser) para que la munición se guíe por la señal del iluminador (homing semiactivo o haz cabalgado).
- Mediante un enlace de transmisión de comandos a la munición (guía por comando o seguimiento vía misil).
- Utilizando una munición con capacidad de autoguía (autotracker) (homing activo o pasivo).

Este último es el sistema ideal, ya que es del tipo lanza y olvida, es decir que permite liberar a la plataforma apenas lanza el arma. Pero es el más sofisticado y caro; los otros son más baratos y simples, pero obligan a la plataforma a mantener enganchado al blanco durante la operación, más cerca o lejos del blanco y de las armas que lo defienden, según sea el designador elegido.

En el caso del avión como plataforma, se recurre normalmente a un designador láser (laser designator) para el guiado semiactivo, ya que el alcance del láser permite que el avión permanezca a 10 km del blanco, una distancia de relativa seguridad, sirviendo además como medidor de distancia (range finder) ya que el FLIR no tiene capacidad para medirla.

Existe por supuesto la posibilidad que el designador esté montado en otra plataforma o sea operado por un OCAA (Oficial de Control Aéreo Adelantado) en tierra.

Los conflictos de Bosnia y Kosovo mostraron como muy importante una vulnerabilidad del láser; éste no puede atravesar nubes o humo, y en ambos conflictos muchas de las misiones debieron ser abortadas por nubes bajas.

Anteriormente se habría ido con el láser por debajo de las nubes, pero como ya dijimos antes, la poca supervivencia de los aviones debajo de los 15Kft hace que este tipo de procedimiento no se practique más, salvo cuando la situación lo justifique.

Volviendo al FLIR; para el targeting utilizará 2 FOV; uno relativamente ancho (**wide FOV**) para adquirir el blanco, cambiando a otro angosto (**narrow FOV**) con una gran resolución y magnificación del blanco, que permite su reconocimiento e identificación.

Esta necesidad de identificación determinará un rango máximo en el cual es factible realizarla, lo que a su vez creará una situación de compromiso con el alcance de las armas a utilizar; y también con un tercer alcance, el de las armas que defienden al blanco, las que a su vez determinan que el FLIR debe tener capacidad para detección del blanco desde fuera del alcance (stand-off); normalmente en el orden de los 20 a 30 km.

Pero si se necesita confirmar la identidad del blanco en forma visual (por TV por ejemplo) o IR, el avión se debe acercar a los 4 km, y por lo tanto de poco sirven los misiles de alcance mayor, lo cual determina que los misiles a utilizar sean los de un alcance de aproximadamente 4 km, y que además se tomen recaudos para la aumentar la supervivencia del avión, que ya no estará fuera de alcance.

Hay todavía otros factores a considerar, ya que el FLIR también debe llevar al avión hasta el ¨basket¨ (la canasta) de lanzamiento de las armas: el cilindro que se crea sobre el blanco y dentro del cual se deben lanzar las armas para asegurar su guiado e impacto en el blanco.

En algunos casos, según la altura y distancia de lanzamiento, el blanco se va por debajo de la trompa del avión, por lo que algunos FLIR tiene capacidad para mirar más hacia abajo mediante el **DLIR** (Downward Looking IR / visión IR hacia abajo).

Este aspecto ha pasado a ser importante, ya que aunque los FLIR originalmente fueron desarrollados para ataques a baja cota, los riesgos que implica volar por debajo de los 15 Kft han promovido los ataques a cotas medias y altas, y por lo tanto los FLIR ahora deben operar adecuadamente a estos niveles, para darle una relativa seguridad a la plataforma que lo porta, al volar por encima de la mayoría de las amenazas.

También deben tener muy buena capacidad de reacción y precisión de apuntado, ya que deben seguir al blanco no importa cual sea la maniobra que realice el avión.

El FLIR Para el Reconocimiento e Identificación de los Blancos

Para determinar algunos parámetros de los FLIR se pueden usar algunas normas de referencia; por ejemplo, si se requiere una identificación precisa de los blancos, estos deben ocupar el 10% del FOV aproximadamente.

Para poder identificar a un blanco de 10 m a 20 km, éste ocupará un ángulo de 0,5 mils (miliradianes), lo que significa que se necesita un FOV de alrededor de 5 mils ó 0,286 grados; por eso vemos que la mayoría de los sistemas prácticos tiene valores de alrededor de 1 grado de FOV para la selección del blanco.

Manteniendo como referencia ese blanco de 10 m, y como la mayoría de los FLIR tienen una resolución aceptable hasta los 6 a 10 km; si se desea obtener la adecuada resolución para la identificación, se necesita una gran magnificación óptica; pero ésta no es siempre la solución, ya que con los actuales generadores de imagen IR, al magnificar las imágenes éstas tienden a volverse borrosas (blurring); por eso se debe recurrir a acercarse o a otros dispositivos.

Si el problema es el fraticidio, con el FLIR se pueden utilizar medios para identificar por descarte aunque implique riesgos: si responde es propio, si no, es enemigo. Es el principio en el que está basado el IFF.

Este principio es el que se aplica cuando se recurre al empleo de paneles o marcas IR identificatorias, como las que se utilizaron en la guerra del Golfo, basadas en el uso de cintas térmicas (thermal tape) con muy baja radiación IR, formando figuras fácilmente identificables al observarlas a través de visores IR.

Otros usan una luz estroboscópica de gas xenon, emitiendo en el IR cercano con un régimen de 50 flashes por minuto.

Después del Golfo se comenzó a desarrollar otro dispositivo, que consiste en 2 placas de 30 X 30 cm colocadas sobre un mástil una contra otra formando un diedro; una de ellas se calienta mientras que la otra se deja a temperatura ambiente. Al hacerlas rotar a una determinada velocidad producen un parpadeo IR que permite identificar a la plataforma portadora.

Pero si lo que se busca es la identificación cierta para evitar daños colaterales, se debe recurrir a sensores complementarios, por ejemplo TV o I2, pero no olvidando que sus limitaciones en rango se traducen en limitaciones para el lanzamiento de las armas y en riesgo para la plataforma.

La identificación por TI se basa en parámetros distintos de los visuales y que resaltan en el IR; en los tanques por ejemplo, los motores, los escapes, o las orugas cuando ruedan.

A veces se genera un concepto erróneo cuando se muestran fotos IR, I2 y visuales muy parecidas, pero que fueron sacadas a unos pocos metros del objeto.

En la realidad interesa la nitidez, pero a la mayor distancia posible; y a esta distancia las formas y rasgos identificatorios IR son diferentes de los visuales, ya que lo que se destaca son los elementos de mayor radiación y no las formas.

Esto obliga a aprender a conocer los blancos según como se los ve en las imágenes IR, las que varían si el blanco está quieto o andando, si acaba de

disparar, si su motor está encendido o apagado, etc.

En el caso de los aviones, estos se ven bastante parecidos a su silueta visual, debido a la radiación IR producida por la fricción del aire sobre sus superficies.

En los helicópteros, las superficies no se calientan como en el avión, pero los motores y su posición se destacan a gran distancia permitiendo su identificación, por eso el IR se utiliza bastante como sensor pasivo de las defensas aéreas.

El calentamiento del fuselaje que producen los escapes también forma siluetas distinguibles. Asimismo, debido al efecto de barrido estroboscópico de los TI, los rotores aparecen como detenidos, permitiendo contar las palas. Y el cristal de la cabina se marca claramente como una zona de muy baja radiación, ya que no permite el paso de las radiaciones que hay en su interior, reflejando el cielo frío que la rodea, y permitiendo distinguir su forma.

A veces facilita la identificación la posibilidad de poder variar la polaridad de la imagen, es decir que se puede representar: lo más caliente como blanco, o lo más caliente como negro.

SEEKERS POR TI

La traducción correcta que expresa el concepto ¨seeker¨ sería ¨perseguidor¨, ya que es usado a bordo de la munición para que ésta persiga al blanco, pero los usos y costumbres hicieron que se los referenciara como buscador o seguidor.

Los primeros **seekers** IR eran del tipo ¨hot spot¨ debido a las limitaciones tecnológicas de entonces, puesto que para detectar blancos como imagen contra un terreno de fondo se necesitan: una imagen 2D (del tipo FPA) y algoritmos adecuados para procesar esa imagen y resaltar el blanco. Cuando esto fue posible y los dispositivos TI se hicieron lo suficientemente pequeños como para poder ser montados en la proa de la munición guiada (misiles y bombas), comenzaron a ser utilizados, por similitud con los seekers de TV, para el guiado de esa munición.

La ventaja de los seekers por TI sobre los de TV es que proveen mayores rangos de adquisición, pueden detectar blancos que están oscurecidos por la niebla o el humo, y pueden detectar blancos que están bien enmascarados visualmente.

En contraste, los seekers por TI son caros, más si se requiere que sean completamente autónomos.

El procedimiento de targeting con los seekers por TI requiere, como en todos los casos, una detección y designación del blanco; lo que permitirá realizar luego el seguimiento y guiado de la munición, sea que éstos sean automáticos (autotracker), sea que intervenga un operador humano en el proceso.

Este tipo de seeker por TI abre la posibilidad de solución a un problema aún no resuelto de la identificación fehaciente del blanco para evitar el fraticidio.

En USA, el Sidewinder AIM-9X es el primer misil aire-aire de corto alcance que utiliza un TI como seeker. En este caso el objetivo de obtener una imagen del

blanco no es tanto su detección; lo que se busca es lograr hacer que el misil sea inmune a las contramedidas actualmente existentes.

Munición con Autotracker

Hay dos formas de realizar la detección y designación del blanco:

- Utilizando el FLIR de la plataforma: Mediante éste se comanda al TI de la munición, apuntándola en forma coincidente con el FLIR; una vez que se localiza el blanco con el FLIR, se lo designa y transfiere al TI de la munición, el cual registra esa imagen y el blanco (el punto a apuntar) como imagen de referencia.
  A partir de aquí el seeker está en condiciones de realizar el seguimiento y guiado automático en forma completamente independiente de la plataforma. Una vez lanzada la munición el seeker va comparando continuamente la imagen que capta con la de referencia, relocalizado el blanco y corregida la trayectoria, la nueva imagen pasa a ser la de referencia, y así sucesivamente hasta el impacto.
- Utilizando el TI de la munición guiada: En este caso el sistema permite que en la cabina se pueda visualizar la imagen que está recibiendo el TI de la munición; utilizando esta información se realiza la detección y selección del blanco en la misma forma que con el FLIR; la imagen es registrada como referencia y la munición está en condiciones de ser lanzada.
  Los procedimientos de seguimiento y guía son los mismos recién descriptos.

Seguimiento Vía Misil

Este procedimiento también es conocido como ¨man in the loop¨ (hombre dentro del ciclo), ya que la información captada por el sensor del misil, no es procesada por él, sino que es transmitida y presentada a un operador para que éste comande a la munición guiada.

Los procedimientos para la detección y designación del blanco son los mismos que los explicados para el autotracker.

La diferencia está en el seguimiento y la guía. En el autotracker todo el procesamiento es realizado abordo de la munición, independizándola de la plataforma lanzadora; en el seguimiento vía misil en cambio, el procesamiento se realiza en la plataforma.

La imagen que capta el TI de la munición guiada es transmitida a la plataforma que la lanzó, en ésta el Oficial de Sistemas de Armas (OSA), usando esta imagen como referencia, envía comandos de guía a la munición para corregir su trayectoria hasta el impacto.

GPS y Seeker

La posibilidad de uso del GPS permitió desarrollar munición guiada para ser lanzada desde fuera del alcance, no sólo de las armas del enemigo, sino también fuera del alcance de los sensores de la propia plataforma.

La munición, que es lanzada sin ver al blanco, realiza una navegación por Inercial/GPS hasta un punto dentro de la canasta del blanco, en donde ya se encontrará a una distancia tal que le permita captar al blanco con su TI.

Y aquí se pueden dar las dos situaciones que antes vimos: que la imagen sea usada para autotracker, o que sea transmitida a la plataforma que está fuera de alcance para que el OSA realice el guiado por comando.

En el caso del guiado por autotracker, la munición escanea la escena en busca de una imagen que coincida con la de referencia que tiene archivada, la que en este caso, a igual que sucede con los misiles de crucero (CM), ha sido obtenida previamente por otros sensores. Por supuesto, a igual que con los CM, el blanco debe reunir ciertas características de imagen que resulten fácilmente identificables, ya que no hay un humano que lo designe.

Por eso lo usual es utilizar el procedimiento de guiado vía misil que antes vimos, en donde el OSA recibe la imagen que está captando la munición, y en base a ella localiza el blanco y realiza el guiado hasta el impacto.

Otra Munición Guiada

Aunque hasta aquí se ha hablado de bombas guiadas y misiles aire-superficie, los mismos conceptos y procedimientos son aplicados para los misiles antitanques, sean lanzados desde tierra o desde helicópteros, así como la munición guiada antibuque.

En el caso de los antitanque desde helicóptero, buena parte de los TI disponibles satisfacen los rangos y la resolución necesarios como para ser empleados como seekers de estos misiles, ya que el alcance de la mayoría de ellos oscila entre los 4 y 5 km. Hay algunos casos, como las últimas versiones de Hellfire, en donde los TI actuales se vuelven marginales cuando los alcances son de 8 a 9 km o más, es por eso que a veces se recurre al radar milimétrico en lugar del TI.

Hay un seeker que es un híbrido por la forma particular en que presenta la información que obtiene, por lo que normalmente no es considerado como por TI. Tiene una presentación circular que es producto de la forma en que se realiza el barrido para obtener la imagen. Es un escaneador lineal (LS) que barre radialmente y permite enganchar y seguir blancos aéreos.

TI COMO VISORES DE TANQUES Y VEHICULOS DE COMBATE

Son los derivados lógicos de los FLIR; por eso a menudo también se los

denomina FLIR, aunque en realidad son más simples.

Su principio de funcionamiento es similar a los IRLS o los FLIR, pero las menores velocidades de las plataformas permiten que para algunas aplicaciones no se necesite un ¨staring FPA¨, y sea plenamente satisfactorio un LS paralelo.

Los más comúnmente usados actualmente son los denominados de segunda generación, por ejemplo de 480 X 4 elementos. Estos permiten ver un camión a 5 km y un tanque a 6 km.

Hasta los 500 metros aproximadamente permiten apreciar las formas de los objetos; más allá la imagen se va transformando en puntos calientes; ya que debido a la sensibilidad del sensor y a la atenuación por distancia, los elementos que se siguen detectando son sólo los de mayor radiación.

Recurriendo al cambio de la polaridad de la imagen, que hace que lo más caliente sea visto como negro o sea visto como blanco, se pueden reconocer distintas características del blanco.

La mayoría opera en los 8 a 12 μ, y no necesitan una gran refrigeración.

Normalmente están complementados con ópticas de visión directa y con TV diurna.

En el caso de los **TANQUES**, se los puede emplear en tres funciones:

- **Visor del Comandante**: Le permite vigilar el campo de batalla e identificar blancos mientras el sensor principal es utilizado para enganchar los blancos que él ya identificó y fueron pasados al artillero. Tiene un FOV de aproximadamente 45º en horizontal por 35º – 40º en vertical y puede rotar en los 360 grados para poder observar todo el entorno. También puede ser empleado para adquirir los blancos.
- **Visor para el Control del Fuego**; (artillero): Dispone de un TI (en algunos tanques es un I2, lo que significa limitación en alcance) combinado con un medidor de distancias láser (laser range finder), y una computadora para el targeting. El alcance que debe poseer para enganchar los blancos es de 3 km o más.
- **Visor para el Conductor**: Aún cuando las distancias involucradas para conducir y evitar obstáculos permiten usar un I2, para asegurar la operación en total oscuridad, mal tiempo o humo del combate, es conveniente que posea un TI. Este le da capacidades para navegar y reconocer particularidades del terreno.

A veces, debido a los costos de los TI, un tanque tendrá un TI de largo alcance para el Comandante y un I2 de corto alcance para el conductor.

Los sensores del tanque suelen ser uno de sus puntos más vulnerables, ya que la coraza va a proteger al tanque, pero no al sensor, que normalmente debe sobresalir de la coraza; incluso en algunos casos, la misma coraza reactiva puede dañar al sensor, degradando al tanque como sistema de armas, aún cuando todavía pueda rodar, tirar y tener visión óptica directa.

Para el **resto de los vehículos** se suele conectar el TI a una pantalla tipo TV

frente al conductor.

Comparado con un I2, el TI es superior, pero su mayor contra es su diferencia de precio, que puede rondar entre 5 a 10 veces el de un I2.

TI PARA RECONOCIMIENTO TERRESTRE

Más simples y livianos, pueden ser empleados montados en vehículos de reconocimiento, o portados por infantes, sea con trípodes o como binoculares.

Permiten detectar vehículos a 3 – 4 km.

TI COMO MIRAS PARA ARMAS

Hasta hace poco, el costo, peso, tamaño y necesidad de gran refrigeración de los TI los hacía difíciles para ser usados como miras; pero a mediados de la década 90, cuando la tecnología fue solucionando esos problemas, comenzaron a reemplazar a los I2 en las armas de mayor alcance.

Hacia 1996 comenzaron a usarse también como miras para rifles, con dos tipos de lentes telescópicas: ¨medium sight¨ hasta 1.100 metros, y ¨heavy sight¨ hasta 2.200 metros; con un peso cercano a los 2 kg. Al tener más alcance, han comenzado a ser empleados en lugar de los I2.

TI PARA DEFENSA AEREA

En defensa aérea, tanto para sorprender al enemigo como para sobrevivir a los misiles antirradiación (ARM – antiradiation missile) se debe recurrir a los sensores pasivos.

En aquellos basados en las radiaciones IR se deben distinguir dos tipos de sensores: los que detectan imágenes; y los que detectan sólo puntos calientes (hot spot) contra un fondo homogéneo (el cielo).

Aunque a estos últimos los veremos al analizar los IRST (IR Search and Track – Búsqueda y Seguimiento IR), haremos aquí una pequeña consideración.

Si el sensor IR es por imagen, es el hombre el que debe buscar al blanco dentro de la imagen; si es un hot spot IR, el blanco se destaca fácilmente contra el fondo homogeneo y relativamente frío del cielo, por lo que la detección se puede hacer incluso automáticamente.

Además, como lo que busca el hot spot es una diferencia de radiación y no una imagen, los alcances pueden llegar a los 10 – 15 km. Por eso los que utilizan TI se emplean para:

- Vigilancia y detección de blancos, particularmente helicópteros, a corta distancia, ya que lo que se busca es la captación de la imagen del blanco para su identificación.
- Designación y seguimiento de blancos, montados colinealmente con otros sensores, radar y TV por ejemplo, en las baterías superficie-aire.

Como dijimos, al ser pasivos tienen la ventaja sobre los activos como radar o láser, que no pueden ser detectados; y respecto a otros sensores pasivos como I2, TV o visión directa, son los de mayor alcance y más nobles ante tiempo adverso, humo, etc.

IR TV

Estos equipos difieren de los TI debido a que su principio de funcionamiento es el de los clásicos TV, con la particularidad que utilizan vidicones que son sensibles a la radiación IR, conocidos como ¨Pyroelectric Vidicons¨.

A diferencia de los TI, el detector es el mismo vidicon; la ventaja que tienen sobre los TI es que no necesitan refrigeración y son más baratos; la contra es que no pueden competir con los TI en cuanto a sensibilidad y alcance.

RADAR DE APERTURA SINTETICA – SAR

El **SAR** (Synthetic Aperture Radar) es un sistema complejo que hace uso de diversos conceptos, todos basados en el efecto Doppler: el corrimiento en frecuencia de los ecos devueltos por un objeto cuando hay un desplazamiento relativo entre éste y el emisor.

En primer lugar, permite integrar los ecos recibidos de un mismo objeto, recurriendo a un dispositivo que puede diferenciar cada uno de los corrimientos doppler que corresponden a cada pulso sucesivo emitido.

En segundo lugar, permite discriminar un objeto móvil de su entorno, con lo que dispondrá de capacidad para presentar sólo blancos móviles (**MTI** – Mobile Target Indicator / Indicador de Blancos Móviles).

Utilizando el mismo concepto, puede discriminar dos corrimientos doppler distintos pertenecientes a un mismo objeto; por ejemplo, las orugas de un tanque en desplazamiento. Capacidad conocida como **ISAR** (Inverse SAR / Sar Inverso).

Asimismo, mediante otros algoritmos puede dividir azimutalmente el eco recibido, logrando una discriminación que es propia de antenas mucho mas anchas. Esta capacidad es la que le ha dado su nombre: SAR, ya que la técnica empleada crea una **antena** ¨virtual¨ llamada ¨**de apertura sintética**¨.

Finalmente, utilizando técnicas de interferometría, brinda información 3D. A esta técnica se la llama **IFSAR** (InterFerometric SAR / SAR interferométrico).

El Efecto Doppler

En radar se denomina así al corrimiento en frecuencia que se produce cuando hay un desplazamiento relativo entre la fuente emisora y el objeto que refleja esa emisión.

Este corrimiento es función de la frecuencia de emisión y de la componente velocidad de desplazamiento en la dirección emisor-objeto (o blanco), que será a

su vez función del ángulo que forma esta dirección con la dirección de desplazamiento real del blanco, del emisor, o de ambos.

Esto hará que ese corrimiento doppler sea máximo cuando la dirección de desplazamiento sea coincidente con la dirección emisor-blanco, y cero o nulo cuando el desplazamiento relativo es perpendicular a la dirección emisor-blanco, debido a que en este caso particular la distancia emisor-blanco no varía.

Cuando emisor y blanco se aproximan, la frecuencia de corrimiento será superior a la emitida, y será inferior cuando se alejan.

Esta componente de la velocidad relativa y el correspondiente corrimiento doppler deben ser considerados bajo tres condiciones distintas:

- Cuando el emisor está fijo y es el blanco el que se desplaza; por ejemplo en el caso de los radares terrestres de búsqueda.
- Cuando es el emisor el que se desplaza; es el caso del SAR para mapeo del terreno.
- Cuando ambos se desplazan; lo que hace que el SAR tenga capacidad para detectar blancos móviles en el terreno.

Funcionamiento del SAR

La denominación SAR se debe a que, recurriendo al desplazamiento lineal de la plataforma portadora del radar para producir el efecto doppler, se genera una antena ¨virtual¨ con una apertura horizontal varias veces mas grande que su apertura real (de ahí su nombre: apertura sintética), lo que se traduce en un haz sumamente estrecho (virtualmente) en azimuth, con su consiguiente alta resolución angular.

El SAR es la evolución lógica, consecuencia de los adelantos tecnológicos de la década 80, del **SLAR** (Side Looking Airborne Radar / Radar Aeroportado de Visión Lateral), que fuera desarrollado a fines de la década 50 y principios de la 60, y que fuera instalado inicialmente a bordo de aviones.

Para entender su funcionamiento consideremos un blanco puntual en el terreno; al hacer que la plataforma se desplace tangencialmente a él, dejándolo a un costado (por eso el nombre primitivo de Side Looking), a medida que la plataforma del SLAR/SAR avanza, el ángulo formado por la dirección de avance y la dirección emisor-blanco variará continuamente, y por tanto también lo hará la frecuencia doppler correspondiente.

Si se logran registrar las frecuencias doppler devueltas por ese blanco puntual en los sucesivos PRI (Pulse Repetition Interval / Intervalo de Repetición de Pulsos) del radar, se pueden integrar esos ecos y presentarlos en una imagen.

Haciendo lo mismo con todos los puntos próximos (elementos de resolución) del terreno, se logrará tener una imagen completa de la escena captada por el radar.

En el antiguo SLAR, la tecnología de los años 70 obligaba a que se recurriera a un tubo de rayos catódicos como elemento para impresionar una

película emulsionable (conocida como película de señal), la que a su vez servía como fuente para impresionar, a través de lentes especiales, a una segunda película, llamada película de imagen radar.

El trabajo era lento y requería un gran esfuerzo de laboratorio, y por supuesto no permitía la resolución azimutal de los SAR modernos.

En los SAR actuales todo ese embrollo de tubos y películas ha sido reemplazado por bancos de filtro de frecuencias sintonizados, que permiten discriminar las frecuencias doppler que se reciben, y por tanto los azimuth correspondientes, con lo que la resolución azimutal depende ahora de la capacidad de discriminar entre 2 frecuencias doppler próximas, independientemente de la distancia al emisor, como sucede en el radar clásico.

A esta técnica también se la suele denominar Doppler Beam Sharpening (**DBS** / Afinado del Haz por Doppler), ya que permite subdividir azimutalmente el eco correspondiente al ancho de haz, discriminando sus partes por sus diferentes corrimientos doppler.

Esta nueva forma de procesamiento, que es en tiempo casi real, sumada a la posibilidad de procesar gran cantidad de información a altísima velocidad, marca una notable diferencia con los SLAR. Por eso a menudo en la literatura actual a los SLAR se los suele denominar RAR (Real Aperture Radar / Radar de Apertura Real) para diferenciarlos de los actuales SAR, aún cuando todavía suele verse sus conceptos mezclados.

La resolución en la otra dimensión, en rango, se logra con técnicas de compresión de pulso, lo que presenta otro desafío, ya que la mayoría de estas técnicas usan codificación de fase para lograr la compresión.

Otro elemento a considerar es el ángulo de depresión, ya que al estar el SAR montado a bordo de un avión o satélite, los algoritmos utilizados para calcular los corrimientos doppler para cada ángulo azimutal deben ser corregidos a su vez en función del ángulo de depresión particular para cada distancia.

FRECUENCIAS

El SAR, como todo radar, permite detectar blancos terrestres oscurecidos por cubrimientos de nubes, lluvia, niebla y humo, que limitan a otros sensores de imagen como los ópticos o IR.

Además, presenta ciertas particularidades según sean sus frecuencias de operación, las que le permiten captar distintas características del terreno e incluso penetrar sus capas superiores.

Por ejemplo, las frecuencias bajas, con longitudes de onda del orden de los 65–75 cm, tienen mejor penetración en la vegetación, las corrientes aluvionales y el hielo glaciar que las frecuencias más altas, que se encuentran en el orden de 1 a 3 cm, las que por su parte son útiles para clasificar las pequeñas rugosidades de la superficie.

Esto ha llevado a que los SAR utilicen varias frecuencias para lograr la

sumatoria de virtudes que brinda cada frecuencia particular, por lo que se los encuentra en diferentes partes del espectro electromagnético, cubriendo longitudes de onda que van desde las mas largas, desde los 65 -75 cm, hasta las más cortas, en el orden de los 0,3 -1 cm.

En el caso del SAR que operó a bordo del Shuttle en Feb 2000 por ejemplo, se utilizaron frecuencias relativamente bajas, denominadas ¨blandas¨ (1,25 GHz) para penetrar el suelo varios metros, con lo que se logra información útil por ejemplo para arqueología e hidrología; intermedias, conocidas como ¨duras¨(3,75 GHz) para captar la textura del terreno; y otras superiores ¨muy duras¨ (5 GHz) para remarcar el relieve.

POLARIZACION

Si se utilizan las características particulares que brindan las polarizaciones vertical y horizontal de las antenas para transmitir y recibir, se lograrán captar diferentes características del terreno o del objeto-blanco, producto de las diferencias en la reflexión y dispersión que producen los volúmenes de la superficie e incluso los materiales de la subsuperficie.

Esto determinó que haya SAR polarimétricos, cuyas posibles combinaciones de polarización en transmisión y recepción son HH, VV, y VH/HV.

La combinación de multifrecuencias y multipolarizaciones permite hacer una clasificación de la escena píxel a píxel usando variaciones de sus improntas espectral y polarimétrica, logrando una imagen que es la de mejor resultado, sobre todo en contraste.

LOS BARRIDOS

En cuanto a las antenas, a igual que en los otros tipos de radares, estamos en un período de transición tecnológica, por lo cual hay SAR con antenas fijas, de barrido mecánico, o de barrido electrónico, lo que permite según la antena cubrimientos:

- En forma de franja o tira (**STRIP**), a lo largo del desplazamiento del sensor; suele ser denominado ¨Radar Referenced Coverage¨ (RRC / Cubrimiento con el radar como referencia).
- Por barrido de un sector (**SCAN**), en el que la antena barre varias veces un determinado sector mientras el sensor se desplaza. Denominado ¨Ground Referenced Coverage¨ (GRC / Cubrimiento con el terreno como referencia).
- Por barrido de un área puntual (**SPOT**); el sector a barrer es mínimo a fin de asegurar tanto el máximo de detalle en la imagen a obtener como, y especialmente, su visualización en tiempo real (dentro del minuto de captada la escena).

Usos

MAPEO 2D Y 3D

La nueva tecnología permitió un extraordinario desarrollo de la aplicación del SAR a otros usos además del militar, en particular todo lo atinente a la geografía terrestre.

La mayoría de ellos son fruto de mapeados topográficos que permiten:

- Caracterizar la superficie de la tierra mostrando: sus características geográficas y las construcciones hechas por el hombre.
- Determinar los recursos naturales, y realizar su planeamiento.
- Realizar apreciaciones ecológicas y ambientales.
- Efectuar estudios geológicos y análisis de deformaciones sísmicas y volcánicas.
- Realizar estudios meteorológicos.
- Seguir el desplazamiento de los glaciares y la evolución de los hielos polares.

Por supuesto, gran parte de estos usos civiles tienen su aplicación en el ámbito militar, además de los ya clásicos como monitoreo de buques, tanques, tropas, etc., y la designación de blancos, evaluación del efecto de daño, etc.

La información que se obtiene puede consistir en imágenes de dos dimensiones, o, utilizando una técnica que se llama interferometría, de tres dimensiones.

En radar existe el mismo efecto estereoscópico de la visión humana o de la fotografía, por el cual, si se observa una escena desde dos posiciones ligeramente diferentes, mediante triangulación se puede determinar la posición en las 3 dimensiones de un determinado punto de la escena.

En el caso del radar, esto se logra mediante esa técnica llamada interferometría, en la cual dos antenas receptoras separadas una cierta distancia captan el mismo eco pero con un pequeño desplazamiento en la fase de las señales recibidas.

Este tipo de SAR es conocido como **IFSAR** (InterFerometric SAR / SAR Interferométrico).

El mejor ejemplo es el SAR usado con el Shuttle, el **SRTM** (Shuttle Radar Topography Misión / Misión de topografía radar con el Shuttle) que permitió un relevamiento casi total de la superficie terrestre (entre 60º Norte y 56º Sur) con el que USA creará un modelo topográfico 3D con unas precisión y resolución casi fotográficas, de 53 pies en precisión y un píxel de 30 X 30 metros.

Como es de imaginar, estas precisión y resolución tienen aplicación militar, por lo que la resolución que estará públicamente disponible será sólo de 90 X 90 metros.

Debido a la amplitud del ancho del barrido (swath) del SAR, éste tiene una

gran capacidad para relevar grandes áreas en muy poco tiempo, a diferencia de los sensores ópticos. Tomando nuevamente como ejemplo el SRTM, éste sólo tardó 11 días en realizar todo el relevamiento de la tierra. Por contraste, el procesamiento posterior tardará aproximadamente 2 años, al final de los cuales se dispondrá de un **DEM** (Digital Earth/Elevation Model / Modelo digital de la tierra) en tres dimensiones.

En el caso de mapeo con SAR a bordo de aviones, éste permite mayores resoluciones, así por ejemplo lo normal es que a 40.000 ft y con un barrido (swath) de 10 km de ancho, se pueden lograr resoluciones de 10 X 10 metros con precisiones de 3 metros en las 3 dimensiones. Sistemas más sofisticados como el del U2, tienen resoluciones y precisiones por debajo del metro.

Además de la información propia brindada por el SAR, el mapeo 3D permite mejorar notablemente lo que se conoce como ¨falso 3D¨, que consiste en extender digitalmente una fotografía sobre un modelo 3D realizado a partir de un mapa con curvas de nivel; al reemplazar estas curvas por la información del SAR 3D, se logra un modelo fotográfico 3D extraordinariamente preciso y detallado.

El procesamiento del SAR requiere algoritmos precisos, no sólo para rehacer la imagen, sino también para corregir pequeñas deformaciones, por ejemplo las producidas por la forma en que el frente de onda del haz de radar llega a la superficie terrestre en función del ángulo de depresión; o por la parcial autosupresión de la información de pixels individuales como consecuencia de la anulación entre sí de los ecos sucesivos recibidos, cuando se realiza su sumatoria.

MTI - GMTI

Cuando analizamos el efecto Doppler vimos que una de las capacidades que brindaba era la detección de blancos móviles debido al corrimiento en frecuencia que producen al desplazarse.

Con el SAR se puede utilizar esta capacidad para detectar los blancos móviles terrestres, por lo que se lo llamará **GMTI** (Ground MTI / MTI terrestre). Esta misma técnica o similares suelen también denominarse **AMTI** (Airborne MTI / MTI aeroportado) o MGTD (Mobile Ground Target Detector / Detector de blancos terrestres móviles).

Cuando se procura realizar detección de blancos móviles con un sensor a bordo de una plataforma que se desplaza, existen 2 corrimientos Doppler a considerar en el eco devuelto, un corrimiento producido por el desplazamiento del sensor, y otro producto del desplazamiento del blanco.

Aparentemente es sencillo discriminar entre esos dos corrimientos, bastando con suprimir el correspondiente a la plataforma del sensor para lograr detectar sólo los blancos móviles.

Pero cuando uno quiere realizar esto con un SAR se encuentra con otro problema: para cada azimut particular dentro del haz del radar corresponde un corrimiento también particular debido a la plataforma, es decir, cada píxel tendrá

su propio corrimiento, el que tendremos que determinar para poder discriminar si dentro de ese píxel hay un blanco móvil. Esto se puede hacer con algoritmos complejos y procesos que, por supuesto, son consumidores de tiempo.

Por eso normalmente se suelen usar dos modos de operación distintos en MTI, correspondiendo a dos áreas de cubrimiento diferentes:

- Uno que permite el cubrimiento de un área extensa (10.000 km^2 ó más), apto para detectar los blancos móviles existentes en el área.
- Otro que cubre sólo un sector reducido (20 a 50 km^2) para poder examinar en detalle la zona de los blancos móviles y discriminarlos, por ejemplo, vehículo por vehículo dentro de un convoy, e incluso en algunos casos, identificarlos y utilizar la información para atacarlos.

Asimismo, hasta ahora la tecnología actual no permite operar simultáneamente en modos SAR (mapeo) y MTI (detección de blancos móviles), ni tan siquiera el JSTARS E8-C, el más poderoso de los sistemas de procesamiento actuales.

Esto a veces presta a confusión, pues se ha producido una pequeña anarquía, en donde a todos los radares que detectan algo sobre la superficie terrestre se los denomina SAR, cuando en la realidad sólo unos pocos tienen la real capacidad SAR, menos aún la posibilidad de presentar SAR y MTI simultáneamente.

Al respecto el JSTARS se aproxima a este objetivo; recurre a un procedimiento en el que primero busca los blancos móviles por MTI, una vez detectados, pasa al SAR en modo SPOT (sector puntual) en el área de interés donde están los blancos, y alterna los modos MTI y SAR, con lo que logra una imagen integrada de ambos, superponiendo la información obtenida secuencialmente con pocos segundos de diferencia.

ISAR

Si se logra distinguir entre pequeñas diferencias en las frecuencias de corrimiento Doppler, se pueden discriminar los diferentes corrimientos que están presentes dentro de un mismo blanco móvil; el ejemplo clásico es el que ya mencionamos de un tanque, en donde es posible distinguir entre el corrimiento producto del desplazamiento del tanque en sí, y el corrimiento producido por las orugas, que tienen una velocidad de desplazamiento diferente.

Esta capacidad, aún en desarrollo, permitirá identificar, o al menos clasificar por tipo, a los blancos móviles detectados, pudiendo distinguir por ejemplo un vehículo de orugas de uno con ruedas.

Esta técnica es conocida como **ISAR** (Inverse SAR / SAR Inverso) debido a que el SAR en este caso no utiliza los corrimientos producidos por el desplazamiento de la plataforma del sensor, sino los corrimientos correspondientes al blanco.

Por supuesto hay grandes especulaciones con las posibilidades de identificación que esta técnica brinda, asumiendo que podrá identificar tanques

por su particular velocidad relativa tanque-oruga, y hacer lo mismo con los aviones y helicópteros por el Doppler particular de sus hélices o álabes de turbina, etc.

Aplicaciones Militares

Desde ya, la primera aplicación es la disponibilidad de mapas con información 3D sumamente precisa, así como la posibilidad de elaborar modelos en tres dimensiones.

Y como antes mencionamos, todos los usos civiles tienen su aplicación en el ámbito militar; por ejemplo, una vez obtenida la imagen de un área determinada, se puede detectar fácilmente si hubo cambios en la escena por simple comparación con otra imagen obtenida después de un tiempo determinado.

Así como el SAR permite estudiar el desplazamiento de glaciares o los cambios por actividad volcánica, también permite detectar los cambios hechos por el hombre en una escena en particular, y en el caso militar específicamente, por ejemplo se pueden detectar nuevas construcciones subterráneas por el movimiento de tierras o por la variación de la forma del terreno.

Esta comparación de imágenes digitalizadas tomadas con un cierto intervalo es la solución a uno de los mayores problemas de la inteligencia militar: el tiempo que demanda el análisis de las imágenes, ya que por la simple comparación digital, resaltan inmediatamente las diferencias, y así el analista se debe dedicar sólo a éstas. Aunque nunca debemos menospreciar la habilidad e ingenio de nuestro oponente para ocultarse.

Cuando el análisis se efectúa sobre imágenes MTI, la información se puede comprimir en el tiempo, de forma que se visualice en pocos minutos el movimiento producido durante varias horas; o ver en 15 segundos lo que pasó en la última hora en un determinado lugar.

Esto permite apreciar los desplazamientos y maniobras, permite ver la batalla y evitar que las fuerzas empeñadas sean sorprendidas por refuerzos o rodeadas; permite que las fuerzas terrestres avancen rápidamente cuando saben que no tienen nada delante que los pueda sorprender, y les permite ir directamente al lugar de empeño.

Volviendo a la imagen SAR, la tecnología actual todavía demanda demasiado tiempo para su procesamiento, por eso como ya dijimos, el procedimiento utilizado para la localización y ataque a blancos terrestres recurre primero al MTI para detectar el blanco, pasando luego al SAR en modo Spot para identificar al blanco en su entorno y así apreciar la real situación.

Por ejemplo, en la guerra del Golfo el JSTARS en modo MTI mostró movimiento de vehículos cruzando un río a pesar de que los puentes habían sido destruidos, pasando al SAR en modo Spot, se visualizó que habían construido un puente de pontones junto al destruido.

Otras capacidades: al detectar de donde salen los blancos móviles se puede

detectar el lugar donde se ocultan; marcando el lugar donde desaparecen se puede determinar donde se están concentrando las fuerzas. Un trabajo parecido, salvando las diferencias, se hizo durante la guerra de Malvinas: localizando con el radar TPS-43 donde desaparecían los helicópteros se localizaban los lugares de reunión de las fuerzas inglesas, y hacia estos puntos se guiaba a los Canberra para el bombardeo.

Igualmente da un extraordinario preaviso de la actividad aérea enemiga, ya que así como detecta vehículos en el terreno, también los detecta dentro de las Bases Aéreas, no sólo a los vehículos, cuyo movimiento da una idea de la actividad, sino también a los aviones que se desplazan, especialmente cuando ruedan hacia cabecera, con lo que se obtiene información del futuro movimiento aéreo antes que los aviones decolen.

Las Plataformas

El SAR necesita una plataforma que le brinde una adecuada posición relativa respecto a la escena a detectar y que sea muy estable; y en adición a ello normalmente necesita un soft para compensar los movimientos no deseados de la plataforma durante el intervalo de repetición de pulsos (PRI).

Hasta ahora las plataformas son aéreas o satélites, aunque hay algunos desarrollos para vehículos terrestres y buques. En el caso de plataformas aéreas, la mayoría tiene sus antenas colocadas de forma que brindan una buena visión lateral, para poder utilizar adecuadamente el efecto Doppler; no obstante, el SAR puede ser instalado en la trompa a bordo de aviones de combate, o ser uno de los modos de operación de este tipo de radares, con la salvedad que, con la tecnología actual, no puede ser aplicado a blancos que se encuentran directamente al frente en una apertura de aproximadamente 15º a cada lado, por eso se suele decir que este tipo de SAR es ciego directamente al frente.

Asimismo. la miniaturización ha permitido que incluso se pueda disponer de SAR montados en pods.

SENSOR DE IMAGEN POR LASER Y FRECUENCIAS MILIMETRICAS

Aún cuando la tecnología lo permite y se han realizado distintos desarrollos y prototipos, a nivel internacional no se han desplegado operativamente sistemas sensores de imagen basados en láser o en radares milimétricos (al menos no son de público conocimiento), entre otros motivos porque sus capacidades actuales, en especial rangos, son similares a las obtenidas con sensores pasivos en frecuencias ópticas e IR.

PARTE III

LOS SENSORES DE SEÑAL

CONCEPTOS PREVIOS

Señal

Bajo la denominación ¨señal¨ consideraremos todo tipo de emisiones, cualquiera sea la parte del eem en que se produzcan; pudiendo ser generadas por el elemento o dispositivo a detectar, al que denominaremos **blanco**, o reflejadas por él.

Apartándonos de la clasificación clásica que se hace de la Guerra Electrónica, también consideraremos como señales todas las emisiones de comunicaciones, ignorando su contenido o información transmitida; contenido que consideraremos después bajo el título ¨Sensores de Contenido¨.

Es decir que arbitrariamente separaremos, a los efectos del análisis, a los sensores COMINT: en aquellos que miden la emisión y sus parámetros, y en los que recuperan y descifran el contenido.

Los Sensores Según los Parámetros que Detectan

Podemos agrupar arbitrariamente a los sensores en aquellos que detectan:

- Sólo la **presencia** de una emisión dentro de su campo visual, sin ninguna referencia de distancia o posición relativa. Ejemplo: un sensor IR que capta el fogonazo del lanzamiento de un misil.
- **Distancia**, debiendo ser apuntado, o al menos orientado para que el blanco quede dentro de su campo visual. Ejemplo: un ¨laser rangefinder¨ (medidor de distancia láser).
- Una **posición angular** relativa respecto al eje del sensor. Ejemplo: un ¨seeker¨ (perseguidor / cabeza buscadora de un misil).
  Esta posición angular relativa estará formada por una dirección rotacional (arriba, abajo, izquierda, derecha, y todas las posiciones intermedias), normalmente medidas en grados (360º); y una determinada apertura angular respecto al eje del sensor, medida también en grados o en mils.
- Una **triangulación**; Utilizando dos mediciones separadas (dirección de arribo) de la señal para localizar espacialmente al emisor.
- **Posición angular y distancia**, con lo que determinan la ubicación espacial relativa del blanco. Ejemplo: un radar de búsqueda.

Tracker y Seeker

A veces estos conceptos se mezclan, ya que los dos dispositivos son similares y se basan en el mismo procedimiento: la determinación de la posición angular relativa del blanco respecto al eje del sensor.

Los usos y costumbres han llamado ¨tracker¨ (seguidor) al sensor montado en un sistema de armas y que permite realizar el apuntado continuo del blanco; y denominado ¨seeker¨ (perseguidor / buscador) al dispositivo instalado en la proa de la munición guiada o misiles, y utilizado para su guiado.

Targeting (asignación-marcación de blancos)

Al conjunto de sensores necesarios para detectar y localizar un blanco, y para designarlo como tal, se lo denomina ¨targeting system¨ (sistema de asignación de blanco).

Estará conformado por un sensor para la detección y localización (Ej.: FLIR), otro sensor para su completa ubicación espacial (Ej.: laser rangefinder – medidor de distancia láser), y recurrirá a algún dispositivo para la designación del blanco y su iluminación contínua (Ej.: laser designator – designador láser), lo que permitirá que otro sensor (Ej.: laser seeker – perseguidor láser) realice el guiado de la munición.

Activo, Semiactivo y Pasivo

Se suele hacer una clasificación de la forma en que operan los sensores según lo que utilicen como fuente emisora de señal.

SENSORES ACTIVOS

Son aquellos que utilizan un emisor propio montado en la misma plataforma que el sensor y coalineado con él, para que ilumine al blanco y así su reflejo sea captado por el sensor. Ejemplo: un radar de seguimiento.

SENSORES SEMIACTIVOS

Son en realidad sensores pasivos, ya que no emiten, pero necesitan que el usuario del sensor posea un emisor instalado en otro lugar o plataforma (no la misma del sensor), próximo al blanco y en una posición adecuada para que lo ilumine, de forma que el sensor pueda captar el reflejo. Ejemplo: las bombas de guiado láser.

Cabe aclarar que el sensor en sí es completamente pasivo, y por lo tanto el enemigo no puede detectar su presencia, pero necesita un iluminador / marcador / designador próximo, que sí será detectado por el enemigo, y por lo tanto lo alertará de la posible amenaza.

Y cabe otra aclaración; muchas veces se ilumina al enemigo sólo para que éste reaccione, aún cuando no hay intención de atacarlo, sea porque está fuera del alcance de las armas, sea por otras razones tácticas o técnicas. Ejemplo: Durante la guerra de Malvinas los Harrier enganchaban su radar sobre los Mirage que regresaban al continente, aún cuando estaban fuera del alcance de sus armas, con la esperanza que el piloto argentino, al ver la amenaza en su RWS (Radar Warning System – sistema de alerta radar), acelerara para escapar, consumiese más combustible, y por tanto no llegase al continente.

SENSORES PASIVOS

Son aquellos que: o captan directamente una emisión propia del blanco (Ej.: los misiles IR como el Sidewinder), o captan el reflejo que produce el blanco de una fuente emisora que no es operada por el usuario del sensor, y esta fuente puede ser natural o artificial (Ej.: un sensor óptico, que capta la imagen que produce el reflejo de la luz solar sobre el blanco).

La Localización del Blanco

Vimos que en los sensores de imagen se procura que el píxel (la celda de resolución espacial) sea lo más pequeña posible para lograr mayor definición de la imagen; esto requiere sistemas y procesamientos complejos, y normalmente consumo de tiempo.

Cuando lo que se busca es sólo detectar la presencia y ubicación del blanco; como es el caso de los sensores de señal, se puede recurrir a sistemas más simples y rápidos, ya que lo que se requiere de las celdas de resolución espacial no es la formación de una imagen, sino que se busca que sean sólo lo suficientemente chicas como para satisfacer la precisión angular que se necesita según el uso que se le dé al sensor.

Estas celdas de resolución espacial (ángulo volumétrico) en que será dividido el campo visual (FOV) del sensor, si son sensadas por un detector adecuado determinarán la posición angular relativa del blanco al captar la presencia de señal en una celda (o grupo próximo) en particular.

A similitud de lo que ya vimos cuando describimos el IRLS al considerar los sensores de imagen, este sensado podrá ser hecho por:

- Un único detector que realizará un barrido particular que le permita determinar la posición angular relativa del blanco.
- Una ristra o tira (string) de detectores y el correspondiente barrido para localizar al blanco.
- Una estructura focal planar (FPA – Focal Plane Array) en donde no se requiere barrido (es un sensor ¨staring¨) ya que el FPA cubre completamente el FOV.

PASIVOS Y ACTIVOS

A continuación se han tratado de plasmar todos los sensores que se basan en la captación de una señal para operar.

Como vemos, se los ha agrupado en pasivos y activos para facilitar su interpretación, pero debemos recordar lo que recién expresamos sobre activos, pasivos y semiactivos.

Al hacer más abajo su descripción, nuevamente se los ha vuelto a agrupar, esta vez según la parte del espectro que utilizan.

Sensores de Señal, PASIVOS

Comprenden los siguientes sensores:

- **IR – que operan en frecuencias del infrarojo**
  - IRST (IR Search and Track – búsqueda y seguimiento IR)
  - Seeker (perseguidor)
  - Tracker (seguidor)
  - Detector de misiles balísticos
  - Detector del fogonazo de armas.
  - MWS/IRWR (missile warning system / sistema de alerta de misiles) / (IR warning receiver / receptor de alerta IR)
- **Laser**
  - Seeker (perseguidor)
  - Spot tracker (seguidor del punto láser)
  - LWS (laser warning system / sistema de alerta láser)
- **UV – que operan en frecuencias del ultravioleta**
  - MWS (missile warning system / sistema de alerta de misil)
- **mm – que operan en frecuencias milimétricas**
  - Radiómetro
- **SIGINT – signal intelligence / inteligencia de señales – INTEM – inteligencia de emisiones**
  - ELINT – electronic intelligence / INTEL – inteligencia electrónica
  - COMINT – communications intelligence / INCOM – inteligencia de comunicaciones (considerando el sensado de las comunicaciones sólo como señales transmitidas).
  - ESM – electronic support measures / MAE – medidas de apoyo electrónico
  - RWR – radar warnig receiver / RAR – receptor de alerta radar
  - XXXINT (todos los demás INT en los que arbitrariamente se suele agrupar al análisis de señales, ej.: MASINT, URINT, etc.)

Sensores de Señal, ACTIVOS

- **Láser**
  - LADAR/LIDAR – laser radar
  - Range Finder (medidor de distancia)
  - ALS (active laser seeker / perseguidor láser activo)
  - Tracker (seguidor)
  - Chemical detector (detector de agentes químicos)
  - Mapping (mapeado)
- **Radar Milimétrico**
- **UWB Radar** (Ultra WideBand Radar / radar de banda ultra ancha)
- **Radar**
  En todas sus variantes:
  - aéreos, terrestres, navales y satelitales
  - de pulso, onda continua y doppler pulsado.
  - de búsqueda, seguimiento, etc.

SENSORES IR

Los sensores de señal que trabajan en la parte IR del eem se basan en el alto contraste de la radiación del blanco respecto a la correspondiente a su entorno; por eso la mayoría de estos sensores son utilizados contra blancos aéreos o blancos navales; por su gran diferencia de radiación contra el cielo o el agua.

Su gran ventaja sobre los otros sensores es que son completamente pasivos, y que los blancos poco pueden hacer (salvo por diseño) para evitar emitir y por tanto ser detectados.

IR Search and Track

El **IRST** (IR Search and Track / búsqueda y seguimiento IR) es utilizado para la vigilancia pasiva de una zona o sector en reemplazo de los radares, que son activos y por tanto detectables.

Esto se debe a que los sistemas de armas (aviones por ejemplo) deben ser lo más furtivos (stealth) posible si quieren sobrevivir; y esto no sólo se refiere a su eco radar, sino que no tienen que emitir por ningún motivo para no ser detectados.

Por lo tanto deben recurrir en lo posible a sensores pasivos.

Esta es una alternativa para que el atacado no detecte que está siendo seguido, pues si se usa el radar, el blanco lo detectará con su RWS y realizará maniobras evasivas aún antes que el atacante tenga una buena señal en su radar o esté en distancia de tiro.

El objetivo es siempre el mismo, no dar tiempo al CR del enemigo.

Por suerte la tecnología actual ya permite que los IRST instalados en aviones para intercepción aérea (MiG 29 por ejemplo) tengan un alcance acorde con los

misiles que utilizan.

El IRST siempre es complementario del radar de abordo, o es utilizado con un medidor de distancia, ya que ésta es una información importante que no puede brindar. Por sus frecuencias de operación provee una mejor resolución que el radar, aunque se ve limitado por la presencia de niebla, ya que el tamaño de las partículas de ésta coinciden con las longitudes de onda del IR.

El IRST tiene también muy buena aplicación a bordo de buques, sobre todo para detectar a los misiles antibuque a ras del agua (sea skimming), ya que detectan la radiación IR producida por el rozamiento aerodinámico del misil, y al ser pasivos no permiten que el misil haga el homming sobre una emisión como es el caso si el buque usara radares para detectarlo.

También es usado, por el mismo motivo, por la defensa aérea contra blancos aéreos próximos y a muy baja cota, como los helicópteros y los VeNTri (Vehículos No Tripulados).

Hace unas décadas, los primeros sensores IR eran fáciles de confundir, pero la tecnología de los últimos años ha permitido que posean una adecuada resolución espectral, que les posibilita discriminar claramente al blanco de su entorno, distinguir entre un blanco y un señuelo o una IRCM (contra medida IR), e incluso, diseñados en base a un adecuado análisis espectrográfico de los posibles blancos, identificarlos, o al menos agruparlos por tipo.

IR Tracker y Seeker

Ambos sistemas, el **tracker** (seguidor) y el **seeker** (perseguidor) se basan en el mismo principio que el IRST: la localización angular de un blanco; por supuesto que con campos visuales mucho más estrechos.

En el caso del tracker, la información comanda automáticamente al dispositivo en que está montado el sensor para mantener al blanco continuamente apuntado, y al mismo tiempo brinda información al operador de la plataforma portadora para su gobierno.

El apuntado permanente permite la designación del blanco y el lanzamiento de las armas.

El seeker en cambio, montado en la proa de la munición a la que guiará, utiliza la información angular respecto a su eje para realizar el homming sobre la señal que capta, comandando las aletas de la munición.

IR Localizador de Artillería y Misiles Balísticos

Basado en los mismos principios que recién vimos, la intensidad de radiación IR que produce el fogonazo del disparo de la artillería de campaña o el lanzamiento de un misil balístico, permite detectarlo y localizar su emplazamiento. Para ello el sensor debe estar montado en una plataforma aérea lo suficientemente elevada o a bordo de un satélite.

En el caso de los misiles balísticos, el sensor IR puede también seguir la cola de gases del misil, y por tanto determinar su trayectoria y posible lugar de impacto.

IR Warning Receiver

El **IRWR** (IR Warning Receiver / receptor de alerta IR) es utilizado para detectar las emisiones IR producidas por las posibles amenazas a la plataforma portadora.

Como esta amenaza es normalmente un misil, del cual detecta su cola de gases o la radiación producida por el calentamiento de su superficie al rozar con el aire, se lo denomina también **MWS** (Missile Warning System / sistema de alerta de misil).

Cabe aquí aclarar que estas siglas **MWS** también suelen ser utilizadas para hacer referencia al Multi Warning System (sistema de alerta múltiple), que comprende a un conjunto de sensores para alerta, formado por un Radar WS más un Láser WS más el Missile WS, sea éste basado en IR o en UV.

SENSORES LASER

En el caso de los sensores láser, éstos pueden ser de los tres tipos: activos, semiactivos y pasivos.

Ladar/Lidar

Es un radar basado en técnicas láser, de ahí su designación **LADAR** (Laser Detection And Ranging), a veces también designado **LIDAR** (LIght Detection And Ranging).

Por sus características, su haz es sumamente estrecho, y por tanto con muy buena precisión angular, a lo que se suma que no necesita ¨antenas¨ de gran apertura para lograrlo, como en el caso de los radares; por lo que resulta un elemento muy útil cuando se dispone de muy poco espacio frontal para su instalación.

A diferencia del radar, su aplicación se ve restringida por su alcance y porque su haz estrecho significa FOV pequeños o grandes tiempos de barrido. En algunos casos, su corto alcance y haz estrecho significan una ventaja.

Laser Range Finder

Es la aplicación más conocida del LADAR, normalmente está ligado a otros sensores que no pueden medir distancia para complementarlos, por ejemplo el FLIR en los sistemas de armas aéreos.

En esta configuración, como su nombre lo indica, no mide posición angular, sólo distancia.

Laser Locator

Con este término existe una pequeña anarquía, ya que lo suelen utilizar con dos definiciones completamente distintas.

Para algunos, es un LADAR que utiliza sus capacidades para medir una posición angular y una distancia, y así establecer la localización de un blanco, en forma similar a como lo hace un radar.

Para otros, es un LWS que posee la capacidad para determinar la dirección de arribo de la señal, permitiendo su localización. Se lo suele utilizar junto con el Laser Spot Tracker.

Laser Seeker

Es el detector colocado en la proa de la munición guiada y los misiles, que puede determinar la dirección de arribo de una señal láser, y realizar el homming sobre la misma.

El seeker puede ser activo o semiactivo. El activo suele ser identificado por las siglas **ALS** (active laser seeker / perseguidor láser activo) utilizando un LADAR con barrido cónico.

El semiactivo necesita un emisor colocado en la plataforma lanzadora u otra próxima para que ilumine el blanco. Ejemplo: el seeker de una bomba guiada que capta el reflejo de un ¨laser designator¨ operado por un infante situado en proximidades del blanco.

Para evitar que el seeker sea engañado o confundido con otras emisiones láser, normalmente el designador emite una señal codificada.

Laser Spot Tracker

Es similar al seeker, pero en lugar de estar montado en una munición, lo está a bordo de una plataforma, que puede ser tripulada o no, y que permite la detección y localización pasiva de un blanco o elemento de referencia que le marca un designador lasérico externo.

Sirve para transferir un blanco de una plataforma a otra.

Laser Warning System

El **LWS** (laser warning system / sistema de alerta láser) cumple la misma función que un RWS pero en las longitudes de onda en que operan los láser, para alertar a la tripulación en caso que detecte cualquier emisión que ilumina a la plataforma y que puede constituir una amenaza.

El auge que últimamente ha tenido la munición guiada contra blancos terrestres ha producido una gran demanda de LWS para instalación tanto en vehículos acorazados como de otros tipos.

SENSORES UV

Cuando el misil amenaza es de guiado pasivo (ej.: IR) hay tres formas de detectar su presencia: verlo; utilizar un radar para captar su eco; o captar alguna emisión involuntaria que produzca el misil; estas emisiones involuntarias se encuentran en dos bandas del espectro, la IR y la UV.

El sensor que opera en UV capta las radiaciones producidas en las longitudes de onda de 0,2 μ a 0,3 μ , conocidas como de ¨ceguera solar¨ (solar blind).

Aunque existen diversos desarrollos y prototipos para lograr una presentación por imagen, su mayor aplicación es como alertador de la presencia de un misil (MWS) al detectar las emisiones UV de la cola de gases.

En esta función compite con los detectores IR con ventajas y desventajas, ya que es menos vulnerable a las falsas alarmas producidas por elementos calientes en la superficie terrestre, pero es inferior al IR para detectar misiles aire-aire a altas cotas, debido a que el ozono atenúa las radiaciones UV de la cola de gases.

Como también compite como sensor con el radar milimétrico, para entender sus pros y contras es conveniente recordar que la propagación en las bandas UV, IR y mm (a igual que en la parte óptica), está muy relacionada con el tamaño de las partículas suspendidas en el ambiente, como las de niebla, lluvia, humo, etc., y por tanto, según sea su tamaño en relación con la longitud de onda del sensor, afectará más o menos a éste, al hacer que la radiación sea absorbida o dispersada.

Recordemos que los sensores en UV operan en 0,2 a 0,3 μ , los IR operan en 3 a 14 μ , y los milimétricos en 1.000 a 3.000 μ .

SENSORES EN FRECUENCIAS MILIMETRICAS

En las frecuencias milimétricas encontramos dos tipos de sensores, uno activo: el radar milimétrico, y otro pasivo: el radiómetro.

La región milimétrica del espectro cubre de 30 a 300 GHz (10 a 1 mm). Como ya vimos, estas longitudes de onda coinciden con las dimensiones físicas de algunas partículas en suspensión en la atmósfera, sobre todo agua y anhídrido carbónico, lo que hace que existan bandas de frecuencia de mayor o menor absorción o dispersión de las radiaciones, presentando grandes restricciones a la transmisión.

Esto genera las llamadas ventanas de propagación, que comprenden: 39,5 a 51,4 GHz, 66 a 105 GHz, 134 a 170 GHz, y 190 a 275 GHz.

Fuera de estas ventanas la emisión se atenúa rápidamente con la distancia, y por lo tanto afecta notablemente al alcance de los sensores; en algunos casos esta característica, en lugar de ser una limitación es en realidad una ventaja, ya que asegura que, debido a su limitada propagación, el enemigo no podrá detectar la señal más allá de la distancia útil del equipamiento.

Radar Milimétrico

Aún cuando los radares milimétricos se ven limitados por las condiciones de tiempo adverso cuando se los compara con los sistemas que operan en bandas de microondas (centimétricas), tienen mayores características de resolución que éstos, y son típicamente más pequeños.

Si se los compara con los sensores que operan en las frecuencias más altas de las regiones IR y óptica, no tienen las muy buenas resoluciones de éstos, pero tienen mejores características de propagación a través de humo, bruma, polvo y niebla.

Poseyendo características de ambas regiones, la de microondas y la óptica, los radares milimétricos integran las ventajas de ambas, de forma de reducir o minimizar sus limitaciones o desventajas.

Debido a sus frecuencias de operación muy altas, se pueden lograr antenas de mucha ganancia, altamente direccionales, por lo que tienen una muy buena discriminación entre dos blancos muy próximos.

La alta frecuencia permite asimismo que pulsos de pocos picosegundos contengan los ciclos suficientes como para usarlo como doppler pulsado, a la vez que brinda una muy buena resolución (1 psec – picosegundo - equivale a una distancia de 0,15 mm).

Además de su aplicación para la asignación de blancos (ej.: misiles aire-superficie para helicópteros), esta alta resolución lo hace apto como sensor para evitar obstáculos, sobre todo en helicópteros, ya que por ejemplo permite distinguir la presencia de cables de alta tensión a 2 km.

Radiómetro Milimétrico

Estos equipos miden la energía termodinámica de la atmósfera que es emitida / reflejada por la superficie terrestre y los objetos sobre ella.

Esta energía termodinámica es distinta de la energía térmica IR, y a diferencia de ésta, no guarda relación con la temperatura de los objetos.

El radiómetro puede ser comparado con un radar biestático, en donde el transmisor es el cielo.

Aprovecha la particularidad que la superficie del agua y los objetos metálicos, como tanques, aviones, misiles de crucero, etc., presentan características de reflexión de la energía termodinámica muy bajas en frecuencias milimétricas.

Lo que hace que, al reflejar las temperaturas (radiométricamente) frías del cielo, sean fácilmente detectables por su contraste con el entorno más caliente de la superficie terrestre.

Esto es debido a que en las frecuencias milimétricas, la mayor parte de los componentes de la superficie terrestre (suelo, pasto, follaje) son emisivos antes que reflectivos, teniendo por lo tanto temperaturas radiométricas que son

independientes de la del cielo, de la que si dependen los objetos metálicos, que son reflectivos antes que emisivos.

Ello permite detectar pequeños vehículos aéreos, tales como los misiles de crucero, a baja cota, o captar a los aviones del tipo furtivo (stealth), ya que la detección se realiza desde arriba por contraste con el terreno; lo que constituye una solución para las defensas aéreas, que tienen limitaciones para detectar este tipo de blancos con medios más convencionales como los radares.

Ya vimos que comparados con los sistemas también convencionales en IR y ópticos, los sensores mm pueden captar información aún en condiciones de nubosidad o bruma, y polvo o humo del campo de batalla.

El inconveniente que presentan es la plataforma portadora, ya que ésta debe ser un avión o un VeNTri operando a altas cotas, o un satélite, colocados en una posición adecuada que permita captar las reflexiones termodinámicas atmosféricas que los objetos producen.

Una de las primeras aplicaciones operativas ha sido como sensores de la munición antitanque que los ataca desde arriba, aprovechando justamente el contraste radiométrico entre el tanque y su entorno.

RADARES

Existe una extraordinaria variedad de radares con aplicaciones de las más diversas, tanto en el ambiente militar como en el civil y el científico, por lo que resulta sumamente difícil tratar de realizar un análisis completo que sea breve, y sobre todo digerible.

Por eso a continuación, aún cuando todos los radares se basan en los mismos principios, hemos realizado una clasificación completamente arbitraria, como se ha hecho en otros casos del presente trabajo, para agruparlos tomando su aplicación o función como base, y así poder analizarlos.

Los agruparemos en aquellos:

- Para sistemas de armas contra blancos:
  - Aéreos.
  - Navales.
  - Terrestres.
  - Misiles balísticos.
- Para búsqueda y vigilancia de blancos:
  - Aéreos.
  - Terrestres.
  - Marítimos.
  - Satélites.
  - Misiles balísticos.
- Terrestres para ayuda al tránsito:
  - Aéreo.
  - Marítimo.

- Abordo de plataformas para su navegación.
- Otros para:
  - Penetración de superficies.
  - Espoletas de proximidad.
- Biestáticos.
- De banda ultra ancha (UWB).
- Milimétricos.

Sobre esa base intentaremos una aproximación al tema, sin entrar en detalles, ya que esto haría que los conceptos se tornaran complejos y el trabajo voluminoso. No obstante, aunque no se traten aquí, los detalles son sumamente importantes, ya que si no se conocen en profundidad las particularidades de las distintas emisiones, puede suceder que se confunda un inocente radar de uso civil con una amenaza; y su contraparte, un radar amenaza puede simularse para que sea tomado como una inocente emisión civil. Además de no saber como degradarlo o como protegerlo.

Algunos de los radares que describiremos ya se han ido, o se están yendo de los inventarios de la mayoría de los países, pero lo mismo los hemos colocado aunque sólo sea como referencia transitoria.

Tratando de hacer en pocos párrafos el mejor análisis posible, lo iniciaremos considerando que todo radar está compuesto por dos grupos o conjuntos más o menos definidos: el formado por el **transmisor** y el **receptor** (TxRx) y el conjunto **antena**; mereciendo una consideración particular las antenas activas, ya que éstas tienen incorporados transmisores o receptores discretos en su estructura.

Como sabemos, el radar se basa en que la energía que irradia es reflejada por un blanco. La posición espacial de ese blanco la sabremos mediante dos posiciones angulares relativas (azimut y elevación) dadas por la antena; y dependerá de la forma en que sea modulada la energía radiada para que obtengamos la tercera información de posición: la distancia, o en cambio, sólo información de velocidad.

Conjunto Transmisor-Receptor (Tx-Rx)

En su diseño intervienen distintos factores a definir, que determinarán su función o aplicación, tales como potencias, sensibilidades, bandas de frecuencia, anchos de banda, etc.

Absteniéndonos por ahora de considerar las funciones, podemos dedicarnos a hacer un primer análisis que define o clasifica a los radares según las características de modulación de la energía radiada.

Esto nos permite hablar de radares:

- De onda continua o ¨**CW**¨ (continuous wave), a los que podemos subdividir en:
  - Onda continua pura
  - Doppler básico

  - Doppler modulado en frecuencia o ¨FMCW¨
- De **pulso**.
- **Doppler pulsado** (pulsed doppler).

ONDA CONTINUA PURA

Cuando el radar no tiene modulación alguna, cuando es **CW** (continuous wave) pura, es poca la inteligencia que brinda; si la energía es devuelta por un blanco, sólo nos dirá que hay un blanco, pero no nos dará ninguna otra información.

Son los radares más simples, pero no obstante son útiles, ya que por ejemplo: conectados a una antena de haz suficientemente estrecho, servirán para marcar un blanco; y los encontramos en los sistemas de armas como ¨**radar illuminator**¨ (iluminador radar), cumpliendo las mismas funciones que un marcador laser.

También sobre esta base pueden cumplir la función de guiado de misiles, los que lanzados dentro de su haz, constituyen los misiles del tipo ¨**haz cabalgado**¨, que se mantendrán dentro del haz dirigiéndose al punto (blanco) iluminado por el radar.

Otra alternativa de uso es el guiado de un misil ¨**semiactivo**¨, el que en lugar de montarse sobre el haz emitido por el radar, se guiará, y apuntará, hacia la fuente (el blanco apuntado) que refleja la energía radiada.

En todos estos casos, el radar en sí no necesita tener un receptor, ya que éste estará abordo del misil o de cualquier otro elemento que utilice la energía para guiarse, sea ésta la transmitida, o la reflejada por el blanco.

Si se quiere tener la certeza que el radar está apuntando correctamente, entonces sí se recurre a un receptor en el radar, montado junto al transmisor, y que nos indicará, por el eco recibido, que está siendo apuntado correctamente. Como la transmisión es continua, el receptor necesitará una segunda antena montada junto a la del transmisor.

Si a la parte receptora le adaptamos un dispositivo, por ejemplo una antena de barrido cónico, como veremos más adelante, podremos saber si el radar está perfectamente centrado en el blanco o si está desplazado; esto nos permitirá agregarle otros dispositivos adecuados con los que podremos hacer que el radar se autocentre automáticamente sobre el blanco, y lo siga.

DOPPLER BASICO

Cuando la plataforma en la que está montado el radar de CW se mueve, o se mueve el blanco que refleja la energía, o se mueven ambos, se produce un efecto físico conocido como ¨**corrimiento doppler**¨.

En una explicación simple, aunque no cierta, es como si las ondas sinusoidales que conforman la energía que se desplaza, se comprimiesen cuando transmisor y receptor se acercan entre sí, y se expandiesen cuando transmisor y

receptor se alejan.

Esto hace que se produzca un corrimiento (doppler) en la frecuencia que se recibe, aumentando la frecuencia al acercarse (compresión de la longitud de la sinusoide - λ), y disminuyendo la frecuencia al alejarse (alargamiento de la sinusoide - λ).

La magnitud de este corrimiento de frecuencia es proporcional a la velocidad relativa a la que se desplaza un objeto, sea éste el transmisor, el objeto reflejante, el receptor, o los tres; lo que permite determinar velocidades con precisión a partir de ese corrimiento.

En su versión más simple, sirve como detector de movimientos en sistemas de seguridad de instalaciones, y su presentación es una simple luz o un par de auriculares.

Esta capacidad para determinar velocidades ha permitido múltiples desarrollos, como el SAR; y un sinnúmero de aplicaciones.

Por ejemplo, en el campo de las armas, permite realizar los cálculos de trayectorias, sea para apuntar los cañones, sea para calcular la intercepción con misiles; tiene aplicación en las espoletas de proximidad; y también, este mismo efecto doppler es el que permitió la creación de una CCME, la ¨velocity gate¨ (compuerta o ventana de velocidad) para evitar el desvío del misil por señuelos o chaff.

DOPPLER MODULADO EN FRECUENCIA

Comúnmente es conocido como **FMCW** (Frecuency Modulated Continuous Wave / onda continua modulada en frecuencia).

El efecto doppler permite determinar velocidades pero no distancias; una opción para poder hacerlo fue modular en frecuencia a la onda continua que se transmite, lo que produce una variación continua y normalmente lineal de la frecuencia que se emite, recurriendo a una modulación en frecuencia de forma triangular o diente de sierra.

Como el desplazamiento es continuo y constante en el tiempo, basta con comparar la magnitud del desplazamiento en frecuencias de la señal recibida con la que se está transmitiendo en ese instante para saber la distancia a la que se encuentra el blanco que produjo el eco.

Este tipo de radares, utilizando la antena adecuada, permite conocer la posición espacial precisa del blanco, así como su dirección de avance y su velocidad.

Por supuesto que es sofisticado, ya que utiliza dos desplazamientos de frecuencia, el de la FM para medir distancias, y el corrimiento doppler que indica velocidad.

Recién en los últimos años la tecnología permitió disponer de circuitos de procesamiento con la capacidad para distinguir los dos tipos de desplazamiento.

DE PULSO

Basa su funcionamiento en la modulación por amplitud, transmitiendo un pulso con la suficiente energía como para recibir un eco devuelto por un blanco determinado (cuyo tamaño es definido en ¨superficie radar equivalente¨ o RCS – radar cross section, y medido en m^2), a una distancia también determinada.

Estos radares permiten, utilizando la antena adecuada, determinar la precisa localización espacial de los blancos.

Hasta la década 70, la energía a transmitir estaba constituida por un pulso con una amplitud (potencia pico) lo más alta posible, y una duración (tiempo de transmisión) lo más corto posible; basados en el concepto que permitía la tecnología del momento: mayor potencia pico significaba mayor alcance, y mientras más corto el pulso mayor era la discriminación.

Esto era así porque si se aumentaba la duración del pulso para tener más energía, se perdía en discriminación; recordemos que cada microsegundo de pulso equivale a 150 metros de discriminación .

Con el desarrollo de técnicas de compresión de pulso esto se solucionó, y la discriminación no dependió más del ancho del pulso, con lo que se pueden utilizar potencias pico más bajas, lo que a su vez significa más posibilidades para la manipulación de potencias, anchos de banda, etc.

DOPPLER PULSADO

Una forma de poder medir distancias es hacer que la transmisión continua sea interrumpida cada cierto tiempo, de forma de medir distancias en forma similar al radar de pulso; esto dio origen al radar doppler pulsado, que en cierta forma resulta similar al radar de pulso con MTI (Movil Target Indicator / indicador de blanco móvil).

La diferencia estriba en que el doppler pulsado busca medir velocidades sin ambigüedades, pero con ambigüedad en distancia, mientras que al radar de pulso con MTI le interesa sólo rescatar los blancos móviles entre el clutter (empastamiento) de la señal reflejada, sin preocuparse por la velocidad de los mismos, o cuando más, aquellos cuya velocidad está dentro de ciertos márgenes muy amplios.

Su característica principal es que detecta la presencia de una frecuencia en lugar de tratar de detectar una señal por arriba de un determinado nivel de amplitud, lo que hace al doppler pulsado sumamente útil para rescatar al eco de un blanco en medio de clutter muy intenso y a un alto régimen de acercamiento, por ejemplo: los misiles rasantes.

Las Antenas

Constituyen la interfase entre el radar y el medio ambiente donde se propagará la

energía electromagnética.

A igual que los otros sensores que ya vimos, los radares, y todo equipamiento que utilice antenas (comunicaciones, SIGINT. etc),tendrán distintos campos visuales (FOV); uno fijo o instantáneo: la forma del lóbulo de la antena; y otros FOV formados por el barrido de esos lóbulos.

LA FORMA DEL LOBULO

Las antenas de varilla o los dipolos que se utilizan comúnmente en comunicaciones, tienen una irradiación y una recepción omnidireccional, es decir, en los 360º.

Como los radares necesitan determinar la ubicación espacial de un objeto o fenómeno, requieren antenas que sean direccionales; que dirijan y capten energía en un haz más o menos estrecho tanto en azimut como en elevación; y según la aplicación que tendrá el radar, será la forma que se le procurará dar a este haz o lóbulo.

Para lograr la direccionalidad del lóbulo, se puede recurrir a distintos dispositivos reflectores, directores, lentes, o híbridos.

Antenas de Reflector

Cuando se recurre a un reflector para conformar el lóbulo, la antena estará constituida por ese reflector y un dispositivo ¨emisor¨ (muchos lo llaman genéricamente ¨bocina¨) colocado en el foco del reflector. La más popular de las antenas de este tipo es la satelital, en donde el reflector es una superficie de forma parabólica (su curvatura responde a una parábola) y tiene en su foco una pequeña antenita: el emisor/captor, de donde parte una conexión hacia el equipamiento electrónico.

Las antenas de radar son similares, y la forma final que tendrá el lóbulo dependerá de las características de ambos: el reflector y el emisor.

A fin de no hacer aún más complejo el análisis, evitaremos hablar de los emisores, y nos concentraremos en los reflectores.

Recién mencionamos las antenas parabólicas de satélite; este mismo tipo de reflector se utiliza por ejemplo para los radares de seguimiento o apuntado de las armas, porque la forma del lóbulo que se genera es circular y estrecho, llamado muchas veces ¨tipo lápiz¨ porque se parece a uno.

Permite ubicar con suma precisión un objeto en el espacio mediante la información de un ángulo en elevación, y un ángulo en azimut. La distancia, el tercer elemento para la completa ubicación espacial, estará provista, como vimos antes, por la señal modulada del radar.

Este tipo de lóbulo estrecho sirve para apuntar; pero si lo que queremos hacer es buscar para detectar, necesitaremos recurrir a lóbulos que tengan una de sus aperturas angulares (vertical u horizontal) lo suficientemente ancha.

Este es el caso de los radares de vigilancia o búsqueda (search), sea que busquen en el espacio aéreo (radares de alerta temprana por ejemplo), sea que busquen sobre el mar (patrulla marítima por ejemplo), sea que busquen detectar vehículos o personas en el campo terrestre.

Para cumplir con estas aplicaciones el lóbulo tendrá una apertura vertical lo suficientemente ancha como para detectar su blanco cualquiera sea la altura o elevación angular en que se encuentre (depresión angular si es patrulla marítima), y una apertura angular en azimut lo más estrecha posible para poder localizarlo azimutalmente.

De esta forma brindará dos de las coordenadas necesarias para localizar su blanco: azimut y distancia. Por eso se los suele denominar radares ¨**2D**¨.

A las antenas de este tipo, que generarán un lóbulo con la forma de una mano extendida, se los suele llamar ¨**cosecante cuadrada**¨, porque su abertura vertical obedece a la representación de una cosecante cuadrada.

A otras antenas similares se las conoce como **paraboloides** simples o compuestas, también porque sus curvaturas siguen la forma de la representación de una paraboloide. Un ejemplo clásico son los radares de tránsito aéreo que se ven en los aeropuertos.

Como a este tipo de radares les falta una tercera dimensión, altura (o ángulo de elevación), se ha recurrido a diferentes alternativas para obtenerla.

En los primitivos sistemas, se recurrió a un segundo radar, llamado ¨**de altura**¨, cuyo lóbulo tenía una aceptable apertura en el sentido azimutal, y era estrecho en la apertura vertical (denominado ¨**cola de castor**¨); al imponerle un adecuado movimiento de oscilación arriba y abajo a la antena (barrido de cabeceo) se lograba medir el ángulo de elevación del blanco: el tercer parámetro.

Estos radares ya casi no existen, y son más pieza de museo que equipamiento operativo. Un ejemplo es el FPS-89 (de altura) que actuó junto al FPS-100 (2D).

Lo mismo sucede, aunque todavía hay algunos operativos, con unos radares soviéticos llamados de lóbulos en ¨**V**¨, cuyas fotografías eran muy populares en la década 70.

Consistían en dos antenas del tipo cosecante cuadrada montadas juntas, una con su lóbulo exactamente vertical, y la otra a un determinado ángulo de inclinación (de allí la ¨V¨).

La altura se obtenía como producto del tiempo que transcurría entre la aparición del blanco en la primera y en la segunda antena, cuando éstas rotaban; mayor era el tiempo, más alto estaba el blanco; recurriendo a unos ábacos manuales, según ese tiempo y la distancia al blanco, se determinaba la altura.

Nuevos desarrollos de la década 70 y posteriores procuraron obtener este tercer parámetro (altura) conformando este lóbulo único con varios sublóbulos ¨**apilados**¨, con la posibilidad de distinguir entre las señales (ecos) provenientes de uno u otro sublóbulo.

Esto se logró con varios emisores superpuestos y apuntados a distintas

partes del reflector. El ejemplo es el TPS-43.

Otra alternativa fue utilizar varios emisores separados ½ λ (media longitud de onda) entre sí, y apuntados al reflector. Haciendo que la energía que emiten tenga un pequeño corrimiento de fase entre un emisor y otro, se logra que la energía emitida por el conjunto de emisores sea reflejada por partes distintas del reflector, y así obtener los sublóbulos, distinguibles unos de otros y con diferentes elevaciones según la magnitud del corrimiento de la fase. Se los llamó ¨**phase shift lobe**¨ (lóbulo por corrimiento de fase). Ejemplo el FPS-117.

El mismo procedimiento se utilizó, pero cambiando la frecuencia de emisión en lugar de realizar el corrimiento de fase, lográndose el mismo efecto. Se los llamó ¨**frequency shift lobe**¨(lóbulo por corrimiento de frecuencia).

Otros desarrollos buscaron una combinación de los lóbulos ¨apilados¨ y los de ¨shift¨; produciendo por ejemplo 3 lóbulos apilados que se convertían en 6 por el shift de la fase de la señal emitida. Ejemplo el RAT-31.

Una técnica que no continuó en desarrollo, salvo muy pocos ejemplares, fue una que formaba el lóbulo mediante un barrido electromecánico. El emisor rotaba mecánicamente a alta velocidad en el sentido vertical, apuntando un único lóbulo estrecho a distintas partes del reflector, en forma directa o utilizando un reflector secundario, con lo que producía el lóbulo total por barrido.

Fue llamado de barrido ¨**electromecánico**¨ o barrido ¨**Robinson**¨; y se encuentra en algunos radares fabricados por Thales en la década 70; algunos usados para búsqueda y otros para medición de altura.

Otra técnica que se basa en el barrido de un sublóbulo para conformar el lóbulo único es la conocida como ¨**frescan**¨ (barrido de frecuencia). En ella toda una línea o ristra de emisores (por ejemplo una guía de ondas ranurada), utilizando la técnica de ¨frequency shift¨ iluminan al reflector en distintas posiciones para producir el lóbulo.

A diferencia de los sistemas por ¨shift¨, el corrimiento de frecuencias se hace en forma continua, logrando que el sublóbulo varíe continuamente su ángulo de elevación, hasta conformar el lóbulo completo. Ejemplo el AR3-D.

Finalmente, podemos utilizar la técnica de lóbulos apilados de la que hablamos al principio, pero agrupando los emisores en una forma especial, por ejemplo dos arriba y dos abajo (formando un cuadrado), juntos y superpuestos para que conformen un único lóbulo pero de cuatro sublóbulos.

Si los sublóbulos están lo suficientemente próximos, los cuatro captarán a la vez el eco que refleja un blanco; probablemente no todos con la misma intensidad, lo que indicará que el eco está desplazado hacia el lóbulo cuyo eco es el más intenso. De esta forma tendremos un sistema de apuntado que necesita un único retorno de un pulso para indicarnos si el blanco está centrado o no. Por eso a este tipo de radares se los conoce como ¨**monopulso**¨.

Hasta ahora hemos estado hablando de **antenas con reflector**, y como dan forma al lóbulo radar, sin considerar ni su aplicación ni la plataforma portadora,

aún cuando hemos dado ejemplos para clarificar los conceptos. Veamos ahora las antenas cuya forma es un plano.

Antenas Planares

Aún cuando habían sido concebidas antes, recién comenzaron a tener aplicación operativa en la segunda mitad de la década 70.

Si se colocan varios emisores agrupados uno junto al otro (como si fuera el ojo de una mosca) la energía total que se irradiará (y captará en recepción) será igual a la sumatoria de todas las energías parciales de cada emisor.

Si los emisores son colocados a una determinada distancia particular unos de otros, medidas en longitudes de onda (λ), y adecuadas las fases de sus emisiones, lograremos producir un lóbulo cuya forma será función de esa disposición (en longitudes de onda - λ) y de las fases.

Así, sin recurrir a un reflector, lograremos un lóbulo tan estrecho como deseemos.

Las primeras de estas antenas utilizaban como emisores a conjuntos de guías de onda ranuradas; por eso las antenas, por ejemplo la del AN/APG-66 del F-16, tienen el aspecto de una placa con ranuras uniformemente espaciadas.

Luego la tecnología permitió utilizar otro tipo de emisores para conformar la placa o estructura (array) de la antena, y que posibilitaba ajustar la forma del lóbulo mediante la acomodación de la fase. De ahí el nombre ¨**phase array**¨ (arreglo en fase, o distribución en fase, o estructura por fase).

Las primeras antenas de este tipo estaban mecánicamente estructuradas, de forma que produjeran una determinada forma de lóbulo, sin ninguna posibilidad de cambiarlo.

La tecnología posterior permitió manejar las fases por grupos de emisores, o colocar en los emisores pequeños dispositivos que produjeran el corrimiento de fase en forma individual (phase shifters / desplazadores- corredores de fase).

Si se controlan todos esos phase shifters mediante una computadora, se puede lograr que el lóbulo se mueva (barra) sin que se mueva la antena; lo que dio lugar al ¨**electronic scanning**¨ (barrido electrónico).

Además, la computadora podía jugar con los phase shifters acomodándolos para que generaran lóbulos con distintas formas, e incluso varios lóbulos de formas distintas en forma simultánea, dando origen a las antenas ¨**multilobe**¨ (multilóbulos).

Como cada uno de estos lóbulos puede barrer según una determinada función o aplicación; al radar se lo llamó ¨**multifunction**¨ (multifunción).

Todas estas facilidades hicieron que ya no fuese necesario que las antenas se movieran, lo que significaba una gran ventaja, tanto en el caso de grandes antenas, como cuando no se dispone de espacio suficiente, como es el caso de los aviones de combate.

A estas antenas que pueden hacer que sus lóbulos ¨se orienten¨ aunque ellas permanezcan ¨fijas¨ se las llamó ¨Electronically Steerable Antennas¨ (**ESA** / antenas rotables u orientables electrónicamente).

Antenas Activas

En lo que hemos visto hasta aquí, sea con antenas de reflector sea con antenas planares, la constitución del radar sigue siendo la misma: un conjunto TxRx y un conjunto antena.

La miniaturización de los componentes electrónicos permitió ir más allá.

Primero se desarrollaron preamplificadores para recepción, que se colocaron directamente en cada captor de la antena, asegurando una máxima captación de la señal que llega a la antena, y eliminando o reduciendo notablemente el ruido que podía ser agregado por la propia antena.

Una evolución posterior permitió colocar, primero etapas amplificadoras de transmisión, y finalmente, los transmisores en sí en la antena; tomando la comparación que hicimos antes, como si fueran los ojos de una mosca.

De esta forma, tanto el transmisor como una parte del receptor del radar quedaron incorporados a la antena.

A estos transmisores en antena se los llamó ¨**transmisores discretos**¨, y a las antenas ¨**active array antenna**¨ (antena de estructura activa); y finalmente a la ESA con transmisores discretos se la llamó ¨**AESA**¨ (Active Electronically Steerable Array / antena [o estructura, o arreglo, o conformación] activa orientable electrónicamente). Es por ejemplo la del F-18E.

Una síntesis de lo que hemos visto hasta acá se muestra en el gráfico Nº 10.

EL BARRIDO DE LAS ANTENAS (según la aplicación del radar)

Definida en rasgos generales la forma en que se generan los lóbulos de las antenas, veamos ahora los distintos cubrimientos que se logran mediante el barrido que se les imprime a esos lóbulos.

Estos barridos permiten satisfacer la aplicación o función que cumplirá el radar; por eso la explicación que daremos a continuación es sólo una introducción al tema, el que será completado cuando se consideren las distintas aplicaciones de los radares bajo el título ¨los tipos de radares¨.

Sea para lograr la detección de los blancos, sea para lograr sus ubicaciones espaciales, sea para poder seguirlos o apuntarlos; se necesita que los lóbulos de las antenas se muevan (barran) de una determinada forma para cubrir un cierto volumen en el espacio aéreo, o una cierta superficie terrestre.

Mecánico o Electrónico

Una de las formas de lograr este barrido es haciendo que las antenas se muevan

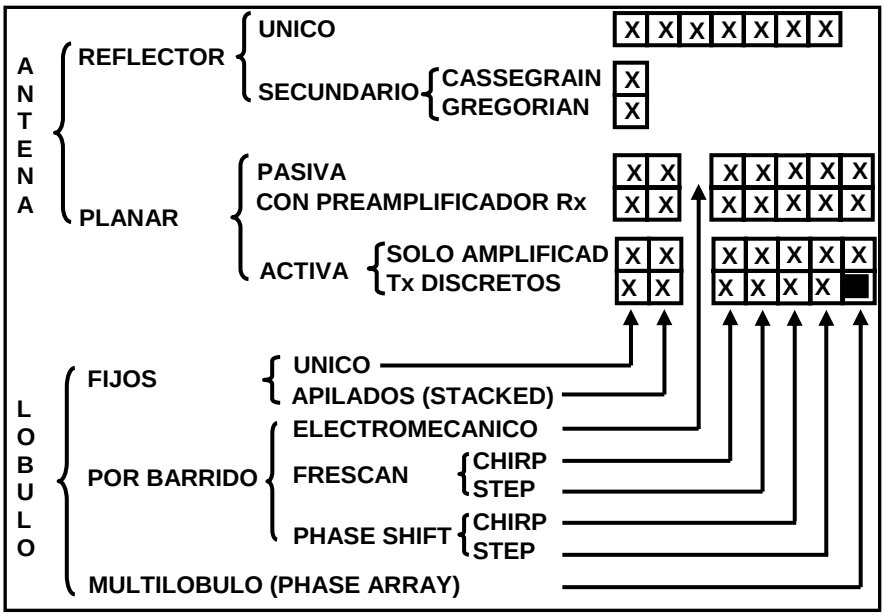

GRAFICO 10 - Posibles Combinaciones de Antenas y Lóbulos

angularmente; por ejemplo: en un radar de vigilancia o búsqueda, que necesita detectar blancos en los 360º, la haremos rotar en forma circular para que su lóbulo cubra sucesivamente esos 360º.

Cuando lo que se mueve es la antena, a ese barrido se lo llama **mecánico**; normalmente lo que se mueve es toda la estructura de la antena; pero en algunos casos, cuando las restricciones de lugar disponible, o el tamaño de las antenas, hacen que eso sea complejo, y además no se requiera que el barrido cubra una gran apertura angular, lo que se moverá, también mecánicamente, será el emisor.

Es el caso, por ejemplo, de algunas antenas para seguimiento de misiles o satélites, o de algunos radares abordo de aviones.

Hay una tendencia a confundir a estas antenas en las que lo que se mueve es el emisor, con las antenas tipo **Cassegrain** o **Gregorian**, las que tienen la particularidad que, debido a que utilizan un reflector con un radio de curvatura muy grande, recurren a un reflector secundario, cóncavo en el caso de las Cassegrain y convexo para las Gregorian, para evitar hacer una estructura demasiado larga para colocar el emisor en el foco del reflector.

La otra alternativa para lograr el barrido del lóbulo, es hacerlo en forma electrónica, como ya estuvimos viendo cuando consideramos las distintas formas para generar el lóbulo.

Utilizando el mismo principio, de corrimiento de la frecuencia o corrimiento

de la fase, se logra que todo el lóbulo se desplace, produciendo el barrido. Por supuesto, esta técnica de barrido es sólo aplicable cuando el sector angular a barrer no es grande, normalmente inferior a los 150/160º; cuando se requiere mayor cubrimiento, se debe recurrir a dos o más antenas que se complementen.

Ejemplo, los radares AESA de las fragatas AEGIS de USNAVY, o el del F-18E que recién mencionamos.

En resumen, el barrido puede ser producido por un desplazamiento:

- mecánico:
  - de toda la antena
  - del emisor solamente
- electrónico del lóbulo

EL CUBRIMIENTO DADO POR EL DESPLAZAMIENTO TOTAL DE LA ANTENA

Hasta ahora hemos visto dos coberturas o cubrimientos, o FOV del radar:

- Uno dado por el lóbulo en sí: cuanto mide angularmente en azimut y en elevación.
- El segundo dado por el desplazamiento o barrido de ese lóbulo, sea en forma mecánica o electrónica, y que determina angularmente cual es el volumen total que cubre el lóbulo durante su barrido.

Hay una tercera cobertura, o cubrimiento, que estará dado por los máximos desplazamientos angulares entre los que se puede ¨posicionar¨ la antena.

Un ejemplo: el radar de barrido cónico que veremos más adelante; este tipo de radar, usado para el seguimiento de blancos, tiene:

- Un lóbulo con una **apertura** (cubrimiento) muy estrecha tanto en azimut como en elevación. Por ejemplo 1º.
- Un cubrimiento de **barrido**, producido por el lóbulo al rotar con un cierto descentrado angular alrededor de un eje, y que produce un volumen de cubrimiento en forma de cono.
- Ese cubrimiento en forma de cono, podrá ser apuntado, tanto en azimut como en elevación, para abarcar diferentes áreas en el espacio. Los **máximos desplazamientos** que admita la antena determinarán el tercer cubrimiento. La antena del ejemplo, si pertenece a un sistema superficie aire, normalmente podrá se apuntada en los 360º en azimut y entre –1º y +70º en elevación.

De esta forma, al analizar los radares debemos considerar tres cubrimientos diferentes dados por:

- La apertura del lóbulo.
- El barrido del lóbulo.
- Los máximos desplazamientos de la antena.

Cuando analizamos el sistema de armas completo, a estos cubrimientos

debemos agregar un **cuarto cubrimiento**, o más precisamente: envolvente; el dado por el alcance de las armas (cañones o misiles).

Radares Para Sistemas de Armas Contra Blancos Aéreos

Para poder atacar un blanco, es necesario:

- Buscarlo, detectarlo, y adquirirlo como blanco.
- Seguirlo, para poder hacer los cálculos necesarios para interceptarlo.
- Guiar el misil, o apuntar los cañones hacia él.

Esta secuencia se debe realizar siempre, de una forma u otra, recurriendo a cualquiera sea el dispositivo, y que no siempre será un radar.

Esta secuencia también se realizará, sea que el blanco sea aéreo, terrestre o naval; y que la plataforma en que esté montado el o los radares sea aérea, terrestre, naval, o el mismo misil.

Para tratar de hacer un análisis más o menos digerible, relacionaremos a determinadas plataformas y blancos, comenzando por aquellos que resultan tal vez los más comunes o más tratados en otras bibliografías: las plataformas (sistemas de armas) terrestres contra blancos aéreos; o sea los radares para baterías antiaéreas y para misiles superficie-aire.

RADARES PARA SISTEMAS DE ARMAS SUPERFICIE (TIERRA) - AIRE

Estos sistemas normalmente no tienen limitaciones de espacio, peso, energía, etc. y por eso suelen emplear varios radares, uno para cada función.

Las posibles combinaciones son muchísimas, incluso algunas combinando radares con sistemas ópticos o infrarojos, por lo que sólo trataremos de explicar los más clásicos.

Radares de Búsqueda o Adquisición

Recién dijimos que lo primero que debe hacer el sistema de armas es buscar el blanco, detectarlo y adquirirlo; lo hará con un radar al que se denomina ¨de búsqueda¨ o ¨de adquisición¨; el más comúnmente usado es uno que tenga un lóbulo con una gran apertura en elevación y estrecha en azimut, con la antena rotando en los 360º o barriendo un sector, según la situación táctica.

Aunque algunos de estos radares sólo tienen un lóbulo y por lo tanto no miden altura, la mayoría utiliza al menos dos lóbulos y alguna técnica, de las que vimos al considerar las antenas, para lograr al menos un ángulo de elevación aproximado del blanco, que permita el apuntado del segundo de los radares, el de seguimiento, que necesita recibir como información la posición del blanco en azimut y en elevación.

En la mayoría de los sistemas, este proceso es automático; es el radar de búsqueda el que apunta a la antena del radar de seguimiento sobre el blanco que

se ha seleccionado.

En otros casos, el radar de seguimiento sólo es apuntado en azimut, y necesita su propio operador para que lo apunte en elevación.

Otras configuraciones no utilizan un radar de seguimiento, y lo que el radar de búsqueda apunta es la rampa de misiles o los cañones, y un operador, mediante sistemas ópticos o infrarojos, realiza el seguimiento manual del blanco para mantenerlo apuntado.

La función del radar de búsqueda o adquisición es brindar uno, dos o los tres parámetros siguientes del blanco:

- Angulo en azimut.
- Angulo en elevación.
- Distancia.

Algunos sistemas, para ahorrar en equipamiento, volumen, energía, etc., han recurrido a utilizar el radar de seguimiento (descripto más abajo) para cumplir también funciones de adquisición del blanco.

Esto lo han logrado dándole a la antena de seguimiento la posibilidad de efectuar un segundo tipo de barrido que permita la adquisición del blanco.

Esto significa limitaciones, sobre todo en cuanto al tiempo de renovación de la información, y esto a su vez significa limitaciones para la detección del blanco, y por lo tanto, significa vulnerabilidades que pueden ser explotadas.

Lo común es hacer que los radares de seguimiento, aún cuando la apertura de su lóbulo es estrecho, realicen barridos de búsqueda y adquisición. Según la forma en que lo realizan reciben las siguientes denominaciones:

- **Helicoidal**
- **Raster o Secuencial**
- **Espiral**

Como el cambio de barrido, para pasar del de adquisición al de seguimiento, demandaba tiempo y generaba problemas de esfuerzos en las estructuras de las antenas, se desarrolló el sistema ¨**Palmer**¨, que realiza simultáneamente ambos barridos durante la adquisición, resultando así más fácil pasar al de seguimiento una vez adquirido el blanco, a la vez que aumenta el volumen de cubrimiento por unidad de tiempo. Así surgieron los barridos:

- **Palmer helicoidal**
- **Palmer secuencial**
- **Palmer espiral**

Los soviéticos desarrollaron un sistema que, aunque limitado en cubrimiento azimutal, les aseguraba rapidez en la adquisición del blanco, y además les permitía tanto adquirir como seguir varios blancos simultáneamente.

Para hacerlo utilizaron dos antenas con un lóbulo de gran apertura en uno de los ejes y estrecha en el otro, colocando ambas antenas de forma que produjeran dos barridos perpendiculares, uno en azimut y el otro en elevación. El radar fue denominado ¨Track While Scan¨ (**TWS** / seguimiento mientras barre).

Por supuesto, el advenimiento de las antenas ¨phase array¨, con sus posibilidades de conformar y mover el lóbulo a voluntad, cambió completamente estas concepciones, que estaban basadas en antenas de reflector.

Como estos radares de adquisición suelen ser de un alcance limitado, normalmente están asociados a sistemas de defensa aérea que poseen radares de búsqueda de largo alcance, también llamados de alerta temprana (**EW** – Early Warning), que les agregarán entre otras cosas, el suficiente tiempo de reacción contra blancos veloces.

Radares de Seguimiento de Blancos

Estos radares necesitan tener capacidad para seguir (mantener apuntado permanentemente) al blanco en forma automática, y hacerlo con la suficiente precisión espacial (al menos angular, en azimut y elevación) que permita apuntar cañones o guiar misiles.

En los comienzos, el más clásico fue el de **barrido cónico** (conical scan - **COS**), que como ya dijimos, consistía en un lóbulo de apertura estrecha (tipo lápiz) que producía un barrido cónico al hacer que su antena rotara en forma continua y descentrada alrededor de un eje.

Una variante hizo que en lugar de que la antena rotase en forma continua, lo hiciese por pasos, apuntándose a determinados lugares del cono, lo que creó una antena de **apuntado secuencial** (sequential lobing - **SL**).

El paso lógico fue hacer que en lugar de ir apuntando el lóbulo en forma secuencial, se hiciese el apuntado simultáneo de varios lóbulos (normalmente 4), uno a cada dirección del apuntado secuencial.

Como todos los lóbulos apuntaban simultáneamente, todos a la vez recibían información de la posición relativa del blanco, por lo que bastaba un sólo pulso para determinar con precisión la posición del blanco, llamándoselo por lógica ¨**radar monopulso**¨.

A todo esto hubo que agregar las necesidades de supervivencia que impuso la guerra electrónica, que llevaron a desarrollar nuevas opciones, en las que el radar sólo efectuaba el barrido en la recepción, utilizando para la transmisión un único lóbulo lo suficientemente ancho como para cubrir el mismo volumen que en recepción.

Estos fueron los llamados radares de barrido del receptor solamente (**LORO** – Lobe On Receive Only); surgiendo el **COSRO** (barrido cónico del receptor solamente) y el **SLRO** (barrido secuencial del receptor solamente); también el TWS tuvo su contraparte **TWSRO**.

Radares para el Guiado de los Misiles

Una vez adquirido y localizado con precisión el blanco, sólo queda: o apuntar los cañones, lo que se hace automáticamente porque éstos normalmente son

solidarios con el radar de seguimiento; o guiar al misil superficie-aire.

En general, para el guiado del misil por radar existen dos posibilidades:

- Que tanto el transmisor como el receptor de radar estén abordo del misil.
- Que abordo del misil sólo se encuentre el receptor del radar.

Para los casos que estamos considerando ahora de los misiles superficie-aire, lo común es que abordo del misil sólo se encuentre un receptor de radar, el que puede ser utilizado en tres formas diferentes:

- Captando directamente la señal proveniente del radar de seguimiento, mediante antenas en su cola; lo que lo definirá como un guiado de **haz cabalgado** o beam rider.
- Captando el eco reflejado por el blanco, mediante antenas en su trompa; con lo que su guiado será ¨**semiactivo**¨.
- Utilizando un receptor de radar especialmente adecuado para captar las emisiones del radar del blanco, por ejemplo, su radar de navegación, por lo cual al guiado se lo llama ¨**pasivo**¨.

Cabe aclarar que este último tipo de guiado, aunque lo hemos mencionado aquí, no está relacionado con los radares propios del sistema superficie-aire, y no es exclusivamente un guiado basado en la emisión radar, ya que como guiado pasivo se considera aquel que utiliza cualquier señal emitida por el blanco.

RADARES PARA SISTEMAS DE ARMAS MAR-AIRE

Abordo de los buques, el sistema contra blancos aéreos es bastante parecido al terrestre.

Normalmente estará constituido por un radar de búsqueda ¨aire¨ y uno de seguimiento y guiado.

Los radares de búsqueda aire son similares a los de alerta temprana terrestres, pero con parámetros y características de propagación optimizados para su operación en el mar.

Los radares para el seguimiento y guiado de los misiles son similares a su contraparte terrestre.

RADARES PARA SISTEMAS DE ARMAS AIRE-AIRE

En el caso de los aviones de combate como plataformas, existen limitaciones de espacio y peso; por eso es un único radar el que cumple todas las funciones: detección del blanco, seguimiento, y guiado de los misiles.

Para hacerlo, el radar de abordo debe tener por lo menos dos modos diferentes de operación, y de barrido de la antena; uno para búsqueda, y otro para seguimiento; y en el caso que el misil sea del tipo semiactivo, también deberá realizar la iluminación permanente del blanco.

A veces, se suele recurrir a otros sensores en lugar de uno de los modos del

radar. Por ejemplo, si se desea no emitir para guardar discreción y no ser detectados hasta estar dentro de la envolvente de los misiles propios, se puede utilizar un FLIR para realizar la búsqueda y detección en lugar del radar; es el caso del MiG-29 entre otros.

Como la superficie terrestre refleja las señales de radar, si se quiere tener capacidad para detectar, adquirir y seguir blancos que se encuentren por debajo del nivel propio, se deberá poseer un radar que, recurriendo a las características del doppler, pueda ¨mirar hacia abajo¨ (look down).

Lo estrecho del espacio disponible para las antenas en la trompa de los aviones de combate crea grandes penalizaciones en cuanto a cubrimiento, sobre todo a los lados, limitando también la estrechez de la apertura del lóbulo, cuando la antena es la clásica de reflector.

Las antenas planares, aún cuando sean de barrido mecánico, mejoran notablemente estos aspectos, en especial el ancho del lóbulo; y la solución a todas las limitaciones la constituyen las antenas de barrido electrónico (ESA o AESA).

El mismo radar también suele ser utilizado para navegación y para meteorología, con lo cual se obtiene un radar ¨multimodo¨, que como recién dijimos, sólo tiene reales capacidades en todos sus modos cuando la antena es ESA o AESA; si es de barrido mecánico, tendrá soluciones de compromiso para satisfacer a todos los modos de operación.

RADAR ABORDO DEL MISIL

El radar también puede ser usado como ¨**seeker activo**¨ montado en la trompa de un misil, con lo cual el misil es completamente autónomo, no dependiendo en absoluto de ayuda exterior una vez lanzado; son los conocidos como ¨lanza y olvida¨, y clasificados como de guiado activo.

Aunque no son comunes contra blancos aéreos, en el mercado se encuentran algunos de muy largo alcance (superior a las 50 NM) basados en esta técnica.

Radares Para Sistemas de Armas Contra Blancos Navales

Resulta relativamente sencillo discriminar a un buque de su entorno, mar y cielo, utilizando la técnica adecuada; pero en general, el buque constituye un blanco peligroso, ya que normalmente posee suficientes defensas como para repeler un ataque.

Por eso, cualquiera sea la plataforma portadora que se utilice para lanzar misiles contra buques (anti ship), éstas normalmente los lanzaran fuera del alcance de las armas defensivas del buque, y en la mayoría de los casos el lanzamiento se realizará a la cota lo más baja posible, para evitar ser detectado, negándole así al buque–blanco tiempo para reaccionar. Recordemos la especulación sobre CR.

Esto hace que la mayoría de los misiles antibuque sean de guiado radar

activo (con el radar completo – tx y rx – abordo del misil), no importa que la plataforma lanzadora sea aérea (avión o helicóptero), otro buque, o sea lanzado desde tierra.

Para el apuntado y lanzamiento del misil se utiliza el radar de búsqueda u otro sensor de la plataforma portadora.

Radares Para Sistemas de Armas Contra Blancos Terrestres

A diferencia del buque en el mar, resulta complejo, al menos por ahora, discriminar al blanco terrestre de su entorno, por lo que el radar, salvo el milimétrico, (Ej.: el Longbow Hellfire), no es utilizado contra este tipo de blancos.

En este caso el radar es utilizado como iluminador para que el seeker del misil se monte sobre la señal reflejada por el blanco.

Radares Contra Misiles Balísticos

Para analizar estos radares debemos repasar brevemente algunos conceptos sobre Misiles Balísticos; lo haremos basados en la concepción de USA, ya que es quien más ha desarrollado el tema, y por tanto es quien fija los lineamientos generales que después adopta el resto de los paises.

Cuando se trata de misiles balísticos, el problema a resolver no es exactamente el radar, ya que éste opera a la velocidad de la luz; el problema a enfrentar en el CR (la ventana de tiempo que brinda el misil balístico como blanco), está dado por la velocidad del misil atacante, que obliga a lograr un sistema de armas con un misil capaz de actuar dentro de esa escasa ventana de tiempo.

No obstante, los radares en sí deben ser adecuados a las características de la trayectoria (balística) del blanco.

LOS MISILES

Antiguamente, durante la guerra fría, se solía hablar de misiles balísticos intercontinentales (ICBM), de rango medio (MRBM), y de rango intermedio (IRBM).

Al desaparecer el conflicto NATO-Pacto de Varsovia, USA realizó una nueva clasificación de los mismos y comenzó a considerarlos según el siguiente agrupamiento:

- ICBM: Considerando como tales a los que son amenaza para USA continental (CONUS).
- Theater BM (de teatro): Los que se emplean en el campo táctico dentro de un teatro de operaciones; con alcances de 1500 km (algunos consideran 3000 km) o menos.

LA TRAYECTORIA Y LA DEFENSA

Como con todo blanco, lo primero a realizar es su detección, para luego poder actuar contra él; pero a esta primera tarea la consideraremos después, al hablar de los radares para la detección de los misiles, para concentrarnos en el ataque al misil balístico.

Para actuar contra los misiles balísticos se deben considerar las distintas fases de su trayectoria, que son:

- Boost (empuje o aceleración): Inmediatamente luego del lanzamiento; es la parte más vulnerable, ya que el misil está acelerando, es fácilmente detectable por su cola de gases (IR), y mantiene un ángulo (trayectoria) de ascenso casi constante. Según el misil, esta fase demora entre 2 a 5 minutos.
- Ascenso: Apagados y separados sus motores, seguirá ascendiendo por otros 3 a 10 minutos.
- Midcourse (parte superior de la parábola o vuelo intermedio): Que en los intercontinentales puede durar hasta 20 minutos. Algunos misiles al final de la misma lanzan cabezas señuelo.
- Terminal: La parte final de la trayectoria, que es muy breve, apenas 30 ó 40 segundos; en la que aparte de seguir al misil, también se debe discriminar entre la cabeza verdadera y los señuelos.

Para los misiles de alcances superiores a los 1500 km hay técnicas particulares para su detección e intercepción; pero para los misiles de teatro y de corto alcance, podemos considerar que las técnicas que se aplican se basan en radares y sistemas que son bastante similares a los utilizados para defensa contra blancos aéreos.

El interés por estos sistemas comenzó después de la guerra del Golfo, especialmente entre 1993 y 1995, aún cuando para la guerra ya se poseían los primeros modelos de Patriot.

Siempre tomando como referencia lo hecho por USA, a la defensa contra los misiles se la ha clasificado según la fase de la trayectoria en:

- **Boost** Defense Segment (BDS / Segmento defensa en la fase de empuje).
- **Midcourse** Defense Segment (MDS / Segmento defensa en la parte intermedia de la trayectoria).
- **Terminal** Defense Segment (TDS / Segmento defensa en la fase terminal).

Los desarrollos posteriores al Golfo llevaron hacia sistemas de armas que procuran la intercepción en la fase terminal (TDS) o un poco más allá, en la parte final del midcourse; y por supuesto, buscan la detección lo más temprana posible; por eso la mayoría busca como complemento la detección en la fase de Boost, recurriendo a sensores IR en satélites.

Aunque en un principio se hablaba sólo de defensa contra misiles balísticos de teatro (**TBMD** – Theater Ballistic Missile Defense), que llegan a los 1200 – 1500 km, los programas y desarrollos posteriores fueron ampliando el espectro, y actualmente se tiene al TBMD subdividido en:

- **Upper Tier** (nivel o capa superior – o exoatmosféricos): que comprende los sistemas de mayor alcance:
  - El THAAD (Theater High Altitude Area Defense / Defensa de área del teatro de alta altitud), de USA.
  - El AWS (Arrow Weapon System / Sistema de arma Arrow), desarrollado en conjunto por USA e Israel.
- **Lower Tier** (nivel o capa inferior – o endoatmosférico): basado en el Patriot PAC-3 (Patriot Advanced Capability – 3).

En la segunda mitad de la década 90 surgieron nuevas opciones:

- **EAD** (Extended Air Defense / defensa aérea extendida): para misiles de 500 a 750 km.
- **MEADS** (medium Extended Air Defense System / sistema de defensa aérea medio extendida): en el que junto a USA participan Alemania e Italia.

LOS RADARES

Esta gran variedad de sistemas de armas ha hecho que también sean variados los radares utilizados.

No obstante, todos se basan, con algunas salvedades, en un mismo procedimiento, similar al utilizado para la localización de morteros, pero por supuesto utilizando radares completamente diferentes.

Su objetivo es detectar el lanzamiento de los misiles balísticos, si es posible, en su etapa de ascenso, o cuando comienzan la parte superior de la parábola, y así determinar su trayectoria.

Para ello el radar posee un lóbulo que ilumina un sector azimutal fijo sobre el área de probable lanzamiento, cubriendo la máxima apertura horizontal posible, y con una adecuada apertura vertical que permita la detección e iniciar el seguimiento.

Esta forma de lóbulo suele llamarse ¨fence¨ (cerca), y paradójicamente utiliza la misma técnica que los primitivos radares experimentales de la década 30, ya que detecta al misil cuando éste atraviesa el lóbulo, a igual que lo hacían aquellos radares con los aviones.

Una vez ubicado el lugar del espacio donde se detectó el cruce del misil, si no es posible seguirlo a partir de esta detección, se buscará de detectar nuevamente al misil en un segundo lugar de cruce, para calcular la trayectoria y esperarlo con los radares de seguimiento y control de fuego.

La conformación de los sistemas de armas es similar a los sistemas de

defensa aérea, con un radar para la vigilancia y detección, uno o dos radares de seguimiento, y los lanzadores de misiles.

Por ejemplo, el MEADS comprende:

- 1 radar de vigilancia en UHF
- 2 radares de seguimiento en banda X (MFCR – Multifunction Fire Control Radar)
- 6 lanzadores de 12 misiles cada uno.

En algunos desarrollos los radares de vigilancia se basan en radares (del tipo active phase array) ya existentes para defensa aérea, optimizados mediante modificaciones para su uso tanto contra misiles balísticos como de crucero, aviones o VeNTri; por ejemplo el radar SPY-1 de los buques AEGIS de USA, o el radar TPS-59.

Actualmente, aunque ya hay sistemas a los que se les ha otorgado su IOC (capacidad operativa inicial), como el Arrow israelí (nov00), el Patriot PAC-3 (set01), o el ruso S-300V (99), la mayoría de los sistemas aún están en plena experimentación y evolución, y por lo tanto también sus radares.

Radares Para Búsqueda y Vigilancia Aérea

Son los radares de mayor alcance, que procuran cubrir el máximo espacio aéreo en donde puede operar un avión, dentro de las limitaciones que impone la curvatura de la tierra.

Como el eco que devuelve un avión depende de su tamaño, forma y reflectividad; que resulta en lo que es conocido como ¨superficie radar equivalente¨ (Radar Cross Section – **RCS**); se toma generalmente como referencia para deterrminar el cubrimiento del radar, una superficie equivalente de 1 m^2 (avión metálico pequeño).

EN INSTALACIONES TERRESTRES

Como ya dijimos, la curvatura de la tierra impone una gran limitación, ya que el haz de radar se propaga en forma casi tangencial a la superficie terrestre en el sitio de emplazamiento del radar.

Por eso, aún cuando ahora las energías radiada y recibida no presentan problemas para lograr más alcances, la limitación dada por la curvatura de la tierra ha hecho que estos radares de alerta temprana no cubran más allá de las 220/230 NM; ya que a estas distancias, un radar al nivel del mar, sólo detecta aviones a aproximadamente 36.000 ft o más.

Como en defensa aérea siempre se procura lograr un cubrimiento continuo y a la cota más baja posible, los radares se deben colocar próximos, con sus cubrimientos solapándose.

Los radares se pueden colocar más separados si se rellenan los huecos que

quedan entre la parte inferior de sus lóbulos y la superficie de la tierra con radares de menor alcance, conocidos como ¨**gap filler**¨ (rellenador de huecos).

Cualquiera sea la aplicación militar de estos radares de largo alcance, se les va a requerir que brinden una ubicación más o menos precisa de los ecos en el espacio aéreo, por lo que deberán brindar las tres dimensiones, sea cual sea la técnica que utilizan.

ABORDO DE BUQUE

El equivalente del radar de alerta temprana abordo de los buques es el radar de ¨**búsqueda aire**¨, cuyos parámetros y características de propagación, como antes mencionamos, son optimizados para su uso en el mar.

AEROPORTADO

Una de las formas de lograr cubrimientos (detección) a bajas cotas es elevar la altura de la antena del radar.

Esto ha llevado a montar radares de alerta temprana abordo de plataformas aéreas, pudiendo ser aviones, helicópteros, VeNTri, o aeróstatos. Son los radares conocidos como **AEW** (Airborne Early Warning / Alerta Temprana Aeroportados).

Como estos radares van a mirar hacia abajo, y por lo tanto van a captar el reflejo de la superficie terrestre, que les empastará la pantallas impidiéndoles detectar a sus blancos; deben tener la capacidad de suprimir este empastamiento.

Actualmente existen plataformas y sus radares asociados de las más diversas características. El más conocido es el **AWACS** (Airborne Warning And Control System / sistema aeroportado de alerta y control).

La diferencia entre AWACS y AEW está dada en que el término AEW sólo se refiere a un radar y una pequeña capacidad de visualización montada abordo de una aeronave. El término AWACS en cambio, significa que la plataforma, además del radar, posee una cierta capacidad de C^2 (tiene la capacidad de un CIC pero es Aeroportado).

Aunque este distingo en siglas sólo se hace para el AWACS, existen otros sistemas aeroportados que también tienen capacidad de C^2, aún cuando no se haga el distingo en sus siglas.

Por supuesto, las capacidades de cada sistema son particulares, ya que además de la diferencia de poseer o no una cierta capacidad de C^2, los radares instalados a veces cubren los 360º y otras sólo sectores parciales.

Igualmente, las capacidades de unos y otros para procesar determinados tipos y cantidades de blancos son diferentes, pues esto depende de la técnica usada para procesar la eliminación del empastamiento que produce la superficie terrestre.

Son utilizados en forma indistinta, sobre tierra o sobre mar.

BIESTATICO

Una de las formas de buscar la supervivencia de los radares, e incluso lograr que fueran eficientes contra aviones furtivos (tipo F-117), fue separar la ubicación del transmisor y el receptor, colocándolos en dos ubicaciones completamente separadas; dando nombre al radar ¨**biestático**¨.

De esta forma, la parte receptora al menos quedaba más protegida al no poder ser localizado por las emisiones.

Entre las opciones para la ubicación del transmisor surgió su instalación abordo de una plataforma aérea, procurando ubicarla en un santuario, más allá del alcance de las armas del enemigo.

También se puede lograr que este tipo de radares funcione obviando el transmisor propio, recurriendo a otros emisores ¨de ocasión¨.

Ese transmisor radar de ocasión puede ser cooperativo o no, pero en éste último caso su posición se debe conocer con precisión para poder determinar la ubicación de los blancos, ya que el procedimiento consiste en colocar emisor y receptor en los focos de una elipse imaginaria, y así los blancos son posicionados según la curvatura del perímetro de esa elipse.

El sincronismo para la posición se logra por la recepción del pulso transmitido, tanto en forma directa como vía el eco reflejado por el blanco.

En el caso de los buques por ejemplo, uno de los buques emite con su radar y los otros reciben en forma pasiva el eco reflejado por los blancos.

Se han hecho investigaciones incluso para utilizar cualquier emisor que irradie en las frecuencias adecuadas como transmisor, por ejemplo, captando el reflejo (rebote) que los blancos producen de las emisiones de TV comerciales, ya que los experimentos han mostrado que las mejores bandas para esta técnica es la de emisiones de FM y TV, entre 50 y 800 MHz.

Por ahora esto sólo es investigación de una técnica llamada Passive Coherent Location (**PCL** / localización coherente pasiva).

Radares para Ayuda al Tránsito Aéreo

Como ayuda y control del tránsito aéreo existen varios tipos de radares que son útiles en su aplicación al campo militar, y que por lo tanto debemos conocer.

Para el movimiento aéreo el espacio se divide en volúmenes o áreas de diversas dimensiones; para cada una de estas áreas hay un determinado tipo de radar a usar, pudiendo distinguir entre los utilizados para controlar las distintas fases del vuelo, y los empleados para ayuda al aterrizaje.

Sobre esa base los podemos agrupar en aquellos para:

- Control de:
  - Rutas aéreas.
  - TMA
  - Aeropuerto.

- Ayuda al aterrizaje mediante:
  - GCA/PAR
  - Decca.

Aquí debemos hacer una aclaración, ya que es común que nos confundamos debido a la denominación incorrecta que se le da al mal llamado ¨radar secundario¨ (**SSR** – Secondary Search Radar). Por este nombre se conoce en tránsito o aéreo al IFF/SIF, pero SSR e IFF/SIF no son exactamente lo mismo, teniendo en común sólo los modos 3/A y C; lo que también presta a confusión, ya que hace creer que tienen la misma aplicación militar.

El SSR no es en realidad un radar, ya que está constituido por un conjunto transmisor y receptor terrestre, denominado interrogador, y un transmisor y receptor abordo de las aeronaves denominado transponder.

En este mal llamado radar secundario, el interrogador transmite un tren de pulsos codificados, el que es captado por el receptor del transponder, y éste en respuesta transmite un nuevo tren de pulsos codificados que es recibido por el receptor del interrogador.

En realidad se lo denominó radar secundario para diferenciarlo del radar en si, al que se denomina **radar** ¨**primario**¨.

PARA CONTROL EN RUTA

Son los de mayor alcance, normalmente alrededor de las 220 NM.

En las décadas 60 y 70 éstos y los de alerta temprana utilizados para defensa aérea eran similares; pero cuando los últimos comenzaron a ser 3D, se produjo una diferencia entre ellos, ya que los de tránsito aéreo no necesitan medir altura, pues ésta es provista por el modo C del radar secundario.

A fines de los 70 el concepto se revirtió, ya que en procura de ahorro de medios se comenzó a integrar lo más posible todos los elementos que podían servir tanto para el tránsito aéreo como para la defensa aérea, partiendo de la utilización de un mismo radar, por lo que los radares de tránsito aéreo en ruta ahora también son 3D, para así servir a la defensa aérea.

En general son radares con lóbulos del tipo cosecante cuadrada, con alcances de 220 NM y que rotan a 6 RPM.

PARA TMA

La TMA es un área crítica para el control del tránsito aéreo, ya que dentro de ella las aeronaves están continuamente cambiando sus parámetros de vuelo; por eso se utilizan radares con lóbulos también de forma cosecante cuadrada, pero midiendo sólo 2 dimensiones (azimut y distancia), y cubriendo un poco más allá del límite de la TMA, normalmente 60 NM, rotando a mayor velocidad que los de ruta, a 15, 20 ó 30 RPM, para adecuarse al régimen de renovación de información que se requiere.

DE AEROPUERTO

Orientado al control del movimiento aéreo en la superficie del aeropuerto, para permitir ver más allá del alcance visual de la torre, se basa en el doppler pulsado para poder discriminar las aeronaves y otros vehículos dentro de la infraestructura del aeropuerto.

Su alcance es sólo el del perímetro del aeropuerto.

PARA ATERRIZAJE GCA/PAR

Este radar, denominado **PAR** (Precision Approach Radar / radar de aproximación precisa), consiste en dos radares con sus antenas realizando un barrido sectorial y a 90º una de otra; y orientadas con la trayectoria de descenso.

Una posee un lóbulo de haz estrecho en horizontal y amplio en vertical, que barre sectorialmente a ambos lados de la proyección del eje de la pista. La otra posee un lóbulo de haz estrecho en vertical y ancho en horizontal, que cabecea arriba y abajo de la pendiente de descenso.

Ambas informaciones se presentan en una única pantalla permitiendo al operador del radar visualizar si la aeronave que se aproxima está correctamente ubicada en la trayectoria de descenso; dándole indicaciones de correcciones por radio al piloto.

Esta ha sido una ayuda siempre polémica, debido a que la responsabilidad del aterrizaje es compartida entre el piloto y el controlador radar; por eso donde ha sido posible ha sido remplazado por ILS o MLS, quedando sólo relegado a aquellos sitios en donde las características orográficas del terreno no permiten un buen desempeño del ILS o MLS. Estaría próximo a desaparecer, ya que la solución definitiva a los aterrizajes está ahora llegando con el GPS.

En sus variantes móviles, es muy utilizado por las fuerzas en sus despliegues a teatros de operaciones en donde los aeródromos no poseen radioayudas adecuadas.

A veces, el radar PAR está complementado con un radar de búsqueda 2D con un alcance no superior a las 30/40 NM, y que sirve para localizar inicialmente a la aeronave y llevarla hacia la trayectoria de descenso.

Al conjunto completo se lo llama **GCA** (Ground Control Approach / control de aproximación desde tierra).

DECCA PARA ATERRIZAJE

Este radar conservó como designación el nombre de su fabricante. Ya prácticamente no queda ninguno operativo.

Mucho más sencillo que el GCA/PAR, era un radar que rotaba en los 360º y emitía un haz estrecho en horizontal y con una apertura de 2º en vertical, orientado para que el centro de estos 2º coincidieran con la pendiente de

descenso.

El operador de radar guiaba a las aeronaves para que se mantuvieran dentro de esos 2º y sobre la prolongación del eje de pista.

Radares para Uso Propio de las Plataformas Aéreas

Cuando vimos los radares para sistemas de armas aire-aire, describimos los que normalmente son conocidos como ¨radares de tiro¨. Para poder cumplir con sus misiones los aviones o helicópteros necesitan de otros radares, o en realidad ¨modos¨ de radar, ya que lo normal es que un mismo radar cumpla varias funciones diferentes.

DE SEGUIMIENTO DEL TERRENO

A fines de la década 70 y a principios de la 80 hubo una obsesión para escapar a la detección de los radares de las defensas aéreas enemigas, la solución que se encontró fue volar lo más bajo que fuese posible, para quedar oculto por la orografía y la vegetación.

Incluso en esa época se desarrollaron nomogramas y gráficos para determinar la mejor relación velocidad/altura para no dar tiempo a reaccionar (CR) a las armas antiaéreas.

Volar a pocos metros del suelo y a .8 ó .9M durante un cierto tiempo requiere muy buenos reflejos y es agotador, por lo que se desarrollaron sistemas que automáticamente controlaban los comandos del avión para hacer que éste siguiese un perfil de vuelo pegado al terreno.

El sensor al que se recurrió para poder hacerlo fue un radar, llamado ¨**terrain following**¨ (de seguimiento del terreno) que según la altura de los obstáculos que captaba delante del avión, lo hacía mover en el plano vertical.

Como este radar tenía la limitación que sólo veía una franja de terreno angosta al frente, sólo podía mover al avión en el plano vertical, obligándolo a veces a grandes aceleraciones cuando en realidad hubiese sido más fácil esquivar el obstáculo moviéndose hacia el costado.

Esto llevó al desarrollo de un sistema que permitía evitar los obstáculos con desplazamientos tanto verticales como horizontales; a este radar se lo llamó ¨**terrain avoidance**¨ (traducido normalmente como evitación de obstáculos).

En la mayoría de los casos, recurría a un modelo del terreno que permitía su comparación con lo real que captaba el radar, dando un preaviso suficiente al saber como será el terreno a encontrar a los costados y adelante.

La posterior gran proliferación de armas superficie-aire de corto alcance (alturas menores a 15 kft), llevó a que fuese más práctico, como ya lo analizamos antes, volar por arriba de los 15 kft, previa la supresión de las defensas aéreas que superan esa cota; por lo que fue cayendo en desuso, al menos por ahora, este tipo de radares.

METEOROLOGICO / PARA NAVEGACION

Este es un radar que tiene aplicación en todos los aviones, no sólo los de combate.

Utiliza las características particulares del reflejo de la energía electromagnética que producen las masas acuosas en suspensión en la atmósfera, sean nubes, agua, hielo, nieve, etc. Como los reflejos (ecos) están relacionados con la humedad y temperatura de las moléculas de agua, además de su tamaño, resulta relativamente sencillo determinar las características de las nubosidades que se encuentran frente al avión.

El radar tiene el suficiente barrido a ambos lados como para mostrarle al piloto el mejor perfil de vuelo para evitar las áreas de mayor actividad meteórica o de conflicto a lo largo de la ruta.

Como este radar presenta una imagen que permite distinguir líneas costeras, islas, ríos, y ciertas conformaciones del terreno, se lo utiliza también como ayuda a la navegación.

Suelen trabajar en banda de 3 cm, con modulación por pulso y un alcance máximo de 300 km.

DE NAVEGACION DOPPLER

Ya prácticamente desaparecido, este radar tuvo una gran aplicación tanto civil como militar hace algunas décadas atrás, ya que era la solución para la navegación, hasta que se produjo el desarrollo del sistema inercial, y por el cual fue paulatinamente reemplazado, brinda información basada en el efecto doppler, pero no da imágenes; solamente mide la velocidad del avión con referencia al suelo y su deriva; estos dos datos permiten darle una precisión aceptable a la navegación.

Existen diferentes técnicas o modos para hacer las mediciones:

- Para medir la velocidad se puede utilizar:
  - Una antena montada en una plataforma estabilizada, con un haz único apuntado hacia abajo y delante del avión; al mantener un ángulo constante respecto al plano horizontal, un simple cálculo trigonométrico indica la velocidad.
  - Dos antenas solidarias con la estructura del avión, una apuntando su haz hacia abajo y adelante, y otra apuntándolo hacia abajo y atrás; las mediciones de ambos haces compensa el cabeceo y permite una medición precisa de la velocidad por doppler.
- Para medir la deriva se utilizan dos antenas con sus haces apuntados hacia abajo, adelante, y a ambos costados del avión; la comparación de las mediciones de ambos haces determina la deriva.

Lo normal es una antena de 4 haces (se puede imaginar como si fuera un trípode pero de 4 patas); la comparación de las mediciones de los 4 haces determina velocidad y deriva.

ALTIMETRO

Es un radar de onda continua modulado en frecuencia (FMCW), como el que describiéramos al principio; la medición del desplazamiento de la FM permite una muy buena medición en la precisión de altura.

PARA DETECCION DE OBSTACULOS

Este radar normalmente es usado abordo de helicópteros, ya que sirve para detección de obstáculos y evitar la colisión cuando se vuela bajo; para ser efectivo debe trabajar en frecuencias milimétricas, por lo que ya lo describimos al tratar el radar milimétrico.

DE COLA

En la época de la guerra fría los grandes bombarderos necesitaban tener un sistema de alerta por si algún avión, y sobre todo algún misil, se aproximaba por su sector trasero; los soviéticos en especial, recurrieron a un radar simple, normalmente doppler, que detectaba cualquier objeto que se aproximaba por su cola.

Radares para Búsqueda y Vigilancia Marítima

Mientras se experimentaba en la década 30 procurando desarrollar el radar, ya se habían hecho algunas pruebas que demostraban como factible usarlo para la detección de buques.

Así al llegar la Segunda Guerra Mundial se utilizaron algunos radares para detectar buques, incluso montados abordo de un avión para detectar submarinos emergidos.

DE BUSQUEDA SUPERFICIE

Así como antes vimos que los buques poseen radares para búsqueda ¨aire¨, también poseen otros de ¨búsqueda superficie¨, dedicados a la detección de buques e incluso misiles rasantes que tengan suficiente superficie reflectora.

Por supuesto las alturas de antena y blanco limitan enormemente los alcances posibles, cuyos máximos están en el orden de las 25/30 NM.

PARA PATRULLA MARITIMA

Esas limitaciones de altura de antena han llevado al desarrollo de plataformas sensoras aéreas, las que además de lograr aumentar enormemente el alcance de detección, pueden ser emplazadas adelantadas, brindándole a las flotas o buques

detección más allá del horizonte, y por lo tanto mayor CR.

Existe una gran variedad de plataformas, entre ellas VeNTri, helicópteros y aviones; algunos poseen sensores simples, ya que su objetivo es sólo aumentar el alcance de los sensores mediante el logro de altura.

Otros, como es el caso de los aviones de patrulla marítima, no sólo están equipados con radares, sino con todo tipo de sensores que permiten la detección de buques, misiles crucero y submarinos; y que ya no son utilizados para aumentar el alcance de los sensores para defensa de la flota o buque, sino que están concebidos para operar en la lejanía, operando muchas veces desde tierra (ej.: el P-3), procurando la detección y localización de las flotas o elementos del enemigo a la mayor distancia posible.

COSTEROS

Estos radares terrestres para detección de buques, siempre estuvieron emplazados en lugares claves, para asegurar la vigilancia y control de estrechos, fiordos, bahías, entradas a puertos, etc.

Ultimamente han tenido un nuevo auge debido al nuevo concepto ¨From the Sea¨ (desde el mar), de llevar a los buques a combatir en las aguas litorales para participar del combate terrestre.

PARA AYUDA AL TRAFICO MARITIMO

Son radares similares a los costeros, pero su aplicación es civil; normalmente están emplazados en ríos, puertos, o zonas costeras peligrosas. Ej.: una de las cadenas de radares más grande para el tránsito marítimo, la del puerto de Hamburgo a lo largo del río Elba.

PARA USO DE LAS PLATAFORMAS (BUQUES)

A lo largo de la descripción que venimos haciendo ya hemos mencionado los radares de búsqueda aire, búsqueda superficie, y los de las armas. Queda para mencionar el radar de navegación.

Estos radares están orientados a darle seguridad anticolisión al buque, ya que permiten la detección con el suficiente preaviso de otros buques o cualquier obstáculo, como costas, islotes, etc. que se encuentren próximos al buque.

DE VIGILANCIA EN SUBMARINOS

Cuando los submarinos emergen recurren a dos tipos de radares para alerta, uno de búsqueda aire, y otro de búsqueda superficie, limitados por supuesto a las posibilidades de tamaño de sus antenas y sobre todo a sus alturas.

Radares para Búsqueda y Vigilancia Terrestre

A estos radares los podemos agrupar en aquello:

- Aeroportados para la detección de blancos terrestres.
- Terrestres para detección de vehículos, personas y helicópteros.
- Terrestres para localización de morteros.
- Terrestres para seguridad de instalaciones.

AEROPORTADOS PARA LA DETECCION DE BLANCOS TERRESTRES

La reflexión que produce la superficie terrestre siempre ha sido un obstáculo para el uso de radares; a esto se sumaba la limitación de espacio abordo de las aeronaves como para poseer una antena de dimensiones adecuadas, por lo que durante muchos años los desarrollos se limitaron al SLAR, el que ya describimos al hablar de sensores de imagen y SAR.

Cuando la tecnología permitió reemplazar la película sensible por componentes de estado sólido, y al mismo tiempo se pudo medir con precisión el desplazamiento relativo sensor-blanco, y procesar todo esto; es decir, con el advenimiento del SAR en su variante **GMTI** (Ground Movil Target Indicator / indicador de blancos móviles terrestres), fue posible la detección y seguimiento de móviles terrestres, y por ende su marcación como blancos.

Esta tecnología tuvo un debut espectacular con el JSTARS durante la guerra del Golfo.

Desde allí en adelante los diferentes equipamientos se multiplicaron; constituyendo los únicos sensores aeroportados que brindan información sobre blancos terrestres en una extensa área.

Cabe recordar que aunque en el lenguaje común se habla de SAR, se debe distinguir entre dos modos de operación y capacidades diferentes, las que ya vimos al hablar del SAR en sensores de imagen:

- GMTI: Es la utilización del efecto doppler y otras características que provee este tipo de radares para detectar y localizar móviles sobre la superficie terrestre. Esta técnica no brinda una imagen, sólo la localización en coordenadas espaciales de blancos móviles individuales.
- Imagen SAR: Es un proceso mucho más complejo que el GMTI, y esta técnica **si** brinda una imagen de la superficie terrestre que va captando, representando todos los accidentes del terreno y los elementos superpuestos.

Aunque el más popular es el GMTI (SAR/GMTI) abordo del JSTARS, existen varios sistemas más simples, abordo de aviones y helicópteros, en pods para aviones de combate, o abordo de VeNTri.

Desde ya las capacidades y prestaciones, sobre todo en superficie vigilada,

son completamente diferentes, pero todas están basadas en la medición del corrimiento doppler; y la descripción del GMTI que se hace en sensores de imagen es válida también para estos otros equipos.

TERRESTRES PARA DETECCION DE VEHICULOS, PERSONAS Y HELICOPTEROS

A veces llamados ¨**combat radar**¨ (radar de combate), son radares sumamente sencillos, que pueden rotar para cubrir los 360º o barrer en forma sectorial, por ejemplo 180º; pueden estar montados en vehículos o ser transportados por un par de personas; y se basan en el efecto doppler para la detección; los más complejos recurren al doppler pulsado para poder obtener información de distancia y a la vez mejorar la discriminación y eliminación del clutter (empastamiento) producido por el terreno.

Para la presentación de la información pueden: utilizar una pantalla de plasma, recurrir a simples diodos colocados en forma radial para indicar la dirección, o los mas sencillos, utilizar la frecuencia del corrimiento doppler transformándola en audible, permitiendo determinar el tipo de blanco por el tono de audio que se escucha, y que es función del corrimiento doppler particular de cada blanco detectado.

Sus alcances normalmente oscilan en:

- 5 a 15 km para personas
- 15 a 17 km para jeep
- 20 a 35 km para tanques y camiones
- 25 a 30 km para helicópteros.

TERRESTRES PARA LOCALIZACION DE MORTEROS Y ARTILLERIA

Estos radares están diseñados para captar la señal que refleja la munición de morteros, artillería y cohetes; y sobre la base de las coordenadas de la trayectoria que logra medir, determinar tanto el lugar de emplazamiento desde donde fue disparada, como el posible lugar de impacto.

Para hacerlo necesita medir al menos dos puntos de la trayectoria, lo que puede realizar utilizando dos lóbulos superpuestos en vertical, uno con un ángulo lo más bajo posible para detectar la munición apenas disparada, el otro con un cierto ángulo por arriba del primero.

Cuando el enemigo dispara su munición, ésta atraviesa el primer lóbulo determinando un punto en el espacio; al atravesar el segundo lóbulo, que puede ser el mismo primero al que se le varía su posición angular vertical (tilt), determina un segundo punto, y con ambos se puede aplicar un algoritmo simple que indicará con bastante precisión los lugares de disparo y de caída de la munición, tomando los puntos de cruce de los lóbulos como parte de la parábola

que describe la munición en su trayectoria.

Para hacer esto los lóbulos a utilizar tendrán una gran apertura horizontal, buscando cubrir la mayor superficie de terreno posible, pero al mismo tiempo estos lóbulos estarán divididos en sublóbulos para poder determinar el azimut con la mayor precisión posible.

Estos parámetros nos darán: la posición de la pieza de artillería, y el lugar probable donde hará impacto la munición.

Al respecto cabe aclarar que la munición de mortero tiene trayectorias parabólicas bastante precisas, lo que no sucede con la de artillería o los cohetes, salvo cuando se disparan por arriba de 45º, lo que exige algoritmos más complejos.

Estos radares utilizan doppler pulsado para discriminar los proyectiles entre el clutter del terreno, logrando alcances entre los 20 y 50 km, y una precisión de localización de aproximadamente 20 metros.

Para lograr buenas precisiones se necesitan 3 mediciones, ideal 4, en la rama de ascenso de la trayectoria.

Los radares más sofisticados permiten también medir ciertas características de la munición, con lo que, además de precisión, brindan información sobre el tipo de munición, discriminando entre la de artillería, mortero o cohetes.

TERRESTRES PARA SEGURIDAD DE INSTALACIONES

Son miniradares doppler instalados en los perímetros o el interior de instalaciones, para detectar cualquier tipo de intrusión. Su principal requerimiento es que el área a vigilar sea controlada para evitar las falsas alarmas, sobre todo producidas por animales sueltos.

Radares Para Detección de Misiles Balísticos

Actualmente la mayor parte de la detección de misiles balísticos está basada en sensores IR colocados en plataformas satelitales, como por ejemplo el **SBIRS** (Space Based IR System / sistema IR basado en el espacio), y hasta hace poco en radares de banda X abordo de los satélites DSP.

Pero cuando no se posee la posibilidad de contar con estas plataformas satelitales, como es, por ejemplo, el caso actual de Australia con su radar Jindivik, así como cuando apareció la amenaza de los misiles balísticos intercontinentales en las décadas 50 y 60 y aún no se poseía capacidad espacial, la única alternativa es el uso de radares que puedan ver a grandes distancias, mucho más allá del horizonte, y con este nombre **OTH** (Over The Horizon) se los conoce.

Se basan en el principio de la reflexión ionosférica de las ondas electromagnéticas, en forma similar a las comunicaciones por HF.

Para poder captar al misil, deben tener capacidad para colocar la suficiente

cantidad de energía sobre el misil en su trayectoria de ascenso luego del lanzamiento, lo que significa grandes distancias, y que se traduce en grandes estructuras de antenas, fijas y complejas.

Hay dos formas de poder detectar al misil y determinar los parámetros de su trayectoria:

- **OTH-B** (OTH Backscattering / OTH – reflejo devuelto): Funciona como un radar común, en donde la emisión transmitida es reflejada por el misil y captada por una antena receptora que está emplazada en el mismo lugar o en las proximidades de la antena transmisora.
- **OTH-F** (OTH Forward scattering / OTH - hacia adelante): Las antenas transmisora y receptora están emplazadas en lugares opuestos, dejando al lugar de posible lanzamiento de los misiles entre ambas. La emisión transmitida es captada continuamente por la antena receptora, recibiendo una señal de características casi constantes, sólo afectada por algunas variaciones en la propagación.
  Cuando un misil balístico atraviesa el lóbulo de la transmisión, produce una variación característica en la señal recibida en el otro extremo (la estación receptora), que permite detectar el lanzamiento.

Aún cuando varios de estos radares todavía se mantienen operativos, las facilidades y capacidades que brindan los sensores abordo de satélites, en especial los SBIRS que recién mencionamos, están haciendo que este tipo de radares poco a poco vayan siendo desactivados por aquellos que ya poseen la capacidad abordo de satélites.

Radares Para Detección y Seguimiento de Satélites

El conocimiento de donde se encuentran en todo momento los satélites, especialmente aquellos de reconocimiento, es fundamental para saber qué es lo que puede estar captando nuestro enemigo o posible oponente.

Esta necesidad se satisface mediante radares que permiten la detección y seguimiento de los satélites.

La tarea no es sencilla, ya que además de los satélites hay una gran cantidad de restos en órbita, por lo que el mayor trabajo consiste en la identificación de cada elemento y la discriminación de aquellos satélites que nos interesan.

Por supuesto el espacio a cubrir es enorme, y es compleja la identificación, por lo que se necesitan suficientes radares con cubrimientos tales que abarquen todo el espacio que interesa.

Si estamos en la posición opuesta, necesitamos saber si nuestro oponente ha detectado e identificado a nuestros satélites, y si tiene capacidad para seguirlos.

Tanto una como otra información permitirán desarrollar técnicas y procedimientos, sea para degradar al enemigo, sea para protegernos.

En rasgos generales existen dos tipos de sensores para esta tarea. Uno basado en emisiones de onda continua, que permite determinar la dirección y la velocidad

radial de cada satélite detectado; con estas mediciones se puede determinar la órbita completa, y así correlacionarlo en sus órbitas siguientes.

Los del otro tipo son de baja frecuencia (UHF) con anchos de pulso de más de 2.000 μ seg y potencias picos mayores a 3 Mw; lo que les permite detectar blancos de 1 m^2 a 2.000 NM.

El radar no permite la identificación de los satélites detectados, pero a través de sus parámetros de órbita se los puede relacionar con los parámetros que obran en las bases de datos de UN presentados por los lanzadores.

Radar Meteorológico

Para su operación este radar se basa en la variación de los índices de refracción de la atmósfera, los cuales dependen de la distribución de temperatura y humedad respecto a la altura.

Según sean las características de propagación de la energía electromagnética, éstas permitirán el análisis y medición de las masas de agua presentes en la atmósfera (nubes, lluvia, hielo, nieve, etc).

Cuando analizamos las frecuencias ópticas, IR y milimétricas vimos los efectos de propagación, y sobre todo absorción, que producen las moléculas en suspensión; estos efectos también se producen en longitudes de onda mayores, en donde operan los radares meteorológicos.

Estas particularidades permiten la detección e identificación de:

- Nubes.
- Precipitaciones.
- Zonas de engelamiento (agua sobre enfriada).
- Cristales de hielo.
- Turbulencias.
- Actividades convectivas.
- Discriminación de áreas, tanto de gran actividad como de poca actividad.

Recurriendo a diferentes técnicas, por ejemplo las polarimétricas (variando la polaridad de la emisión), se puede distinguir entre diferentes tipos de precipitación, determinando el contenido de agua al medir la forma, alto y ancho de las gotas de agua en un específico volumen de aire; ya que por ejemplo, las gotas grandes tienden a aplanarse al caer, mientras que las gotas chicas tienden a mantenerse redondas.

Como las gotas de agua a detectar normalmente son aquellas de diámetro superior a los 100 μ, la longitud de onda que más rinde (detecta) cuando se procura información detallada para el uso aeronáutico es la de 8,6 mm; esta emisión radar debe ser complementada con otra en 5 a 10 cm para disponer de una información meteorológica completa y más extensa.

La suma de: la detección de las partículas de agua o hielo, más la zona de

transición o isoterma de 0º, más la temperatura y la humedad, factores que actúan en la refracción, dan el mayor resultado meteorológico; ya que permiten detectar e identificar, por las particularidades de los ecos y su comportamiento, las características y desplazamientos de las distintas masas.

El radar meteorológico puede estar abordo de plataformas terrestres o satelitales, lo que hará que la información entregada sea diferente, ya que es diferente el ángulo con el que el radar capta la reflexión de sus emisiones.

Radar de Seguimiento de Globos y Cohetes Sonda

Son radares similares a los de seguimiento de las armas superficie-aire, pero desde ya, diseñados para prestaciones civiles. A veces suele usarse para esta actividad radares de seguimiento de armas ya desactivados como tales..

Radar UWB

Aunque ya se hacía desde antes, después de la guerra del Golfo creció el ansia por cavar y enterrarse; esto llevó a otra ansia, la de detectar lo enterrado, renovando el interés en los radares UWB.

La tecnología **UWB** (Ultra Wide Band / banda ultra ancha) consiste en emitir pulsos de muy corta duración, menores a 2 nanosegundos, con muy baja potencia y con un ancho de banda extremadamente grande.

Aunque la teoría ya se conocía en los 60 y comenzó a desarrollarse a fines de la década 80, el hecho que utilizase las mismas bandas de frecuencia ya asignadas a otras emisiones puso resguardos a su empleo, basados en el temor a que interfiriese en la recepción de las otras emisiones, especialmente aquellas frecuencias asignadas a emergencias, actividades críticas como el tránsito aéreo, o las emisiones de TV.

Esto hizo que la autorización para su uso estuviera frenada, al menos oficialmente, en USA y Europa durante toda la década 90. Finalmente la FCC (Federal Communications Commission / Comisión Federal de Comunicaciones) de USA acaba de normar (22ABR02) sobre su empleo.

En el caso del radar UWB, que en sus comienzos fue denominado **MIR** (micropower Impulse Radar / radar de impulsos de micropotencia) por sus características, está orientado a la detección de objetos enterrados o que se encuentren detrás o en el interior de estructuras tales como paredes.

Las posibles aplicaciones de uso militar comprenden:

- Radar que penetra el terreno (**GPR** – Ground Penetration Radar): que permite detectar la ubicación, y presentar la imagen de objetos enterrados en el suelo.
- Equipos para detectar la ubicación o movimiento de personas u objetos que están colocados detrás de una estructura, por ejemplo una pared.

- Equipos para detectar y localizar objetos dentro de estructuras tales como paredes, estructuras de hormigón, puentes, etc.
- Radar para la protección de una determinada área, detectando el movimiento de personas u objetos que intenten la intrusión.

Se basa en el principio de reflexión de la energía por la subsuperficie del terreno en lugar de la superficie. En los radares normales la rugosidad de la superficie del terreno refleja y refracta la energía; si se logran evitar estos reflejos, lo que logra el UWB por lo extenso de su ancho de banda y lo estrecho de sus pulsos, la energía del radar será reflejada por la subsuperficie.

EL SISTEMA CARABAS

Hay una tendencia a confundir los radares UWB con aquellos que operan en frecuencias muy bajas, en el orden de los 100 MHz o menores, y que utilizan un gran ancho de banda, pero no son UWB.

Tal es el caso del CARABAS, un desarrollo sueco, basado en un SAR que, al operar por debajo de los 100 MHz, permite la penetración del follaje, detectando lo oculto bajo el mismo.

DETECCION DE PLATAFORMAS FURTIVAS

En algunos artículos se menciona la aplicación de los radares UWB para la detección de plataformas furtivas (stealth), pero se desconoce si se ha realizado alguna demostración con éxito.

Se basa en el concepto que, al emitir en un gran ancho de banda, las probabilidades que alguna parte de la plataforma coincida con alguna de las longitudes de onda emitidas aumenta. Su sumatoria permitiría detectarla a mayor distancia.

Radar Para Espoleta de Proximidad

Algunas espoletas de proximidad utilizan el efecto doppler para su activación. El sistema es sencillo y se basa en la medición del corrimiento doppler producido por el desplazamiento relativo munición-blanco; en el momento en que se están cruzando ambos el corrimiento se hace cero, activando la espoleta.

SENSORES PASIVOS DE SEÑALES O EMISIONES RADIO ELECTRICAS

SIGINT, y su subdivisión en ELINT y COMINT, ¿o EMINT?

La mayoría de los lectores han de estar familiarizados con la clasificación tradicional de SIGINT de las décadas 70 y 80, dividido en COMINT yELINT; el

primero dedicado al análisis de todo lo que sea comunicaciones, comprendiendo tanto el contenido: la información o inteligencia, que se transmite, como las características de los equipos de comunicaciones; mientras que ELINT analiza todo lo que sea NOCOM, todo lo que no está incluido en COMINT.

Aún cuando se refería a NOCOM (todas las señales que NO sean de COMunicaciones), los usos y costumbres hacían que se pensase en ELINT como la parte de SIGINT dedicada a analizar radares. Esto probablemente debido a que en la mayoría de la bibliografía, cuando se hablaba de las amenazas sólo se consideraban los distintos tipos de radares.

Pero la tecnología ha hecho que tanto los radares como los equipos de comunicaciones evolucionen, y asimismo, que se les preste más atención a todas aquellas señales que no son ni radar ni comunicaciones.

Incluso la distribución de las emisiones dentro del espectro electromagnético estaba hecha más o menos según esos conceptos, y sólo eran utilizados los dos extremos del espectro, hasta 18 GHz en la parte baja, y luego una zona central sin aplicaciones, hasta llegar a las frecuencias IR.

Cuando se hablaba de radares, en ese entonces la tecnología imponía un límite superior en los 18 GHz, por arriba del cual sólo había algunos desarrollos de laboratorio y teorías, como sucede ahora con los radares UWB.

Si uno analizaba la distribución espectral, la mayoría de los radares estaban agrupados entre los 1 GHz y 9 GHZ, e incluso era fácil determinar la aplicación operativa conociendo la frecuencia de operación.

La evolución posterior permitió primero llegar a los 40 GHz y desarrollar radares milimétricos entre 90 y 100 GHz, para, actualmente, cubrir desde los 40 a los 100 GHz, e incluso extenderse hasta los 300 GHz, abarcando completamente toda la parte del espectro a la que podemos llamar radioeléctrica.

Aquí conviene hacer una pequeña aclaración respecto al espectro y los equipos que lo utilizan, para facilitar la comprensión. Arbitrariamente podemos dividirlo en dos grandes agrupaciones:

- Desde aproximadamente los 3 KHz hasta los 300 GHz/1.000 μ. Comprende las partes del espectro que suelen denominarse: de radiofrecuencia, microondas, y milimétrico; en ellas los equipos, sean para transmitir (emitir) sean para recibir (captar) utilizan antenas.
- Desde los 300 GHz/1.000 μ hasta 1 PHz/0,1 μ; comprendiendo las partes IR, óptica y UV; en donde las antenas son sustituidas por emisores y captores de características particulares.

Esto hace que la forma de tratar y analizar las emisiones sea diferente en una y otra parte del espectro.

La tecnología también permitió un incremento de equipos y emisiones que son NOCOMunicaciones y también NORADar , pero que son sumamente importantes como para no analizarlas.

Estas emisiones son muy variadas, ya que comprenden por ejemplo las

señales de comando para el guiado de los misiles, las de comando para guiado de los VeNTri, las de IFF, de navegación y GPS, las radioayudas, etc; y las producidas en forma involuntaria por los equipos electrónicos o emitidas por los objetos.

Algunas estaban consideradas en los otros XXINT, como URINT, IRINT, LASINT, etc, pero aisladas en cierta forma del contexto SIGINT.

Si analizamos los equipos de comunicaciones, vemos que en ellos la evolución tecnológica ha sido mayor aún.

En la época del ELINT y COMINT, sólo se los encontraba como equipos independientes, la mayoría operando en las bandas de HF, VHF, y parte baja del UHF; y por arriba de los 500 MHz sólo se encontraban algunos equipamientos fijos, como las redes de microondas o los sistemas de dispersión troposférica; y el 90% de lo transmitido era voz.

Ahora cubren todo el espectro, desde pocos KHz hasta las frecuencias ópticas; pero sobre todo, evolucionaron notablemente en cuanto a las características de transmisión, las que se hicieron sumamente complejas y por tanto difíciles de analizar.

Volviendo a los radares, en ellos el clásico pulso o la onda continua también evolucionaron, haciendo que las características de las señales radar también sean complejas, así como las técnicas de transmisión utilizadas.

No sólo eso, sino que a la señal radar se le incorporó información, haciendo por ejemplo, que también cumpla funciones de IFF, al utilizar la codificación del pulso transmitido de forma tal que sirva como interrogador, y haciendo que el interrogado sobreimponga una modulación en el eco que devuelve, identificándose.

Igualmente, la señal de un radar de seguimiento puede ser modulada con los comandos para el guiado del misil.

El resultado es que actualmente, al captarse una señal, a la que podemos llamar moderna, resulta difícil determinar de entrada, por su complejidad, si es de radar, de comunicaciones, o de otro tipo, existiendo el riesgo que sea mal clasificada, e ignorada o eliminada porque se piense que no pertenece a la categoría que se está analizando.

Por eso resulta conveniente no trabajar las señales como de ELINT o de COMINT según los procedimientos clásicos, sino volver a los inicios, y tratar a todas las señales en forma común, hasta que se las haya reconocido y clasificado.

A esto obedece la clasificación, siempre arbitraria al efecto de la comprensión, que hemos hecho en:

- **Sensores de Señales o Emisiones.**
- **Sensores de Contenido.**

Los primeros consideran las señales o emisiones en sí, de todo tipo, sin considerar el contenido inteligente (información, datos o voz) que puedan poseer; y comprende:

- Radares.
- Comunicaciones (como meros transmisores).
- Todas las otras emisiones.

Los segundos; los sensores de contenido, se dedican a analizar detalladamente la información o inteligencia que está siendo transmitida, no importa cual sea el equipamiento o la parte del espectro que se utilice.

Los Sensores en Sí

Desde ya, a continuación no haremos un análisis detallado y profundo de todo lo referido al tipo de equipamiento, técnicas y procedimientos que se utilizan, pues ello nos llevaría a otro voluminoso estudio. Como la bibliografía disponible sobre el tema es abundante, nos dedicaremos a mencionar algunos aspectos interesantes que se deben considerar.

USOS

Uno de ellos es el uso posible a darle a este tipo de sensores; hay una tendencia a emplearlos para obtener información aplicable sólo a dos áreas:

- El OBE (Orden de Batalla Electrónico) del enemigo.
- Determinación o desarrollo de las CME a aplicar.

En realidad, los sensores de señal o emisión sirven para cumplir muchos otros roles, entre ellos:

- Como sensores del C^2 propio.
- Para degradar el C^2 del enemigo.
- Como sensores pasivos de la defensa aérea propia.
- Para degradar la defensa aérea del enemigo.
- A estos se agrega los clásicos para:
  - Desarrollar técnicas, procedimientos y equipos para CME, CCME, MAE y RWR o MWS.
  - Programar el equipamiento de autoprotección de los sistemas de armas.
  - Relevar el OBE.

CATEGORIA DEL EQUIPAMIENTO

Cuando habitualmente se considera el equipamiento, se lo clasifica o agrupa en 3 categorías:

- **SIGINT**, o estratégico.
- **MAE**, o táctico.
- Para autoprotección, pudiendo ser:
  - **RWR** (Radar Warning Receiver / receptor de alerta radar).

- **MWS**, en sus dos acepciones:
  - **Missile** Warning System / sistema de alerta de misiles
  - **Multiple** Warning System / sistema de alerta múltiple, incluyendo el LWS.

Muchas veces sucede que los usuarios se autolimitan en el empleo de las capacidades que poseen estos equipos, ajustándose a esta clasificación aún cuando el equipamiento en sí posea una mayor capacidad.

Esto se da sobre todo con el equipamiento de última generación, ya que por ejemplo, un RWR actual tiene mucha más capacidad que un equipo ELINT de la década 70, pero como está categorizado como de autoprotección, algunos se resisten a utilizar las capacidades que posee para detectar y medir nuevas emisiones.

Por supuesto que los equipamientos están optimizados para cumplir con una de las tres funciones, pero no debemos autolimitarnos y usarlos sólo para ella; la inteligencia de emisiones o señales es un área en donde debemos aprovechar todo lo que el equipamiento y nuestro ingenio nos puedan dar, no importa la categoría del equipamiento; además, recordemos que a lo mejor esa es la única oportunidad en que podremos captar y medir a ese emisor.

Si no obstante queremos categorizarlos, podemos hacer la siguiente clasificación:

- Cuando detecta y mide nuevas emisiones, cumple funciones estratégicas.
- Cuando confirma y localiza, es empleado tácticamente.
- Cuando alerta y activa CME, es de autoprotección.

En la realidad, casi todos los equipos, en mayor o menor grado, pueden cumplir los tres requisitos.

Así como en el ejemplo anterior no debíamos autolimitarnos para usar un RWR para detectar y medir nuevas emisiones, tampoco debemos restringirnos en el empleo de equipamientos SIGINT en el campo táctico, o, si poseemos un adecuado enlace de comunicaciones con los sistemas de armas, usarlos para alertarlos de las amenazas. Recordemos que la información que se obtiene, cualquiera sea su fuente, debe ser distribuida en tiempo real a todos los que la necesitan.

SENSORES DE CONTENIDO

Como ya vimos al considerar los sensores de señales o emisiones, el CONTENIDO de las transmisiones ha crecido extraordinariamente en la última década, sobre todo porque hay un uso intensivo en el ámbito civil.

Todos sabemos que no pasa un día sin que escuchemos o leamos que estamos en la era de la información, todo es información; pero la información necesita transmitirse, y es aquí donde intervienen los sensores de contenido.

Como dijimos, hasta hace un poco más de una década todo era más fácil; la mayoría de las comunicaciones eran de voz, y aquellas de datos eran simples, muchas veces la sola modulación en amplitud o en frecuencia de una portadora; recordemos que el término ¨baudio¨ significaba ¨bit de audio¨, porque era un simple pulso utilizado para modular como si fuera audio.

El auge que tomó la comunicación entre computadoras, y la posibilidad de su uso civil con el advenimiento de Internet, más el hecho que cualquier persona puede usarla, produjeron una explosión en la cantidad de información que está circulando en un momento dado.

Para colmo, Internet no se quedó en el cable, pasó a los equipos de radio, inundando el espectro.

A esto debemos agregar la proliferación de teléfonos celulares, el uso intensivo de equipos de radio por empresas de taxis y de transporte, etc. etc.

El resultado: la saturación del espectro.

El verdadero problema: en medio de ese espectro completamente saturado debemos detectar y discriminar aquellas transmisiones cuyo contenido nos interesa.

Pero no todo termina acá; la necesidad de poder comunicar computadoras entre sí hizo que se crearan protocolos de comunicaciones, y que hubiese distintos niveles (levels o layers) en donde se aplican estos protocolos.

A ello debemos sumar el encriptado, que no es más de uso exclusivo de los militares o de lass empresas importantes a nivel mundial; todo el mundo encripta.

Y uno no puede categorizar para descartar, debe analizar todo, porque lo más probable es que la información que busca sea transmitida por el oponente usando el más inocente de los medios.

Tampoco se puede discriminar entre equipamiento de uso militar y de uso civil; un buen sistema de telefonía celular actual equivale al **MSE** (Message Switching Equipment / equipo de distribución de mensajes) utilizado por USA en la guerra del Golfo. Los serbios por ejemplo hicieron un uso intensivo de ellos en el conflicto de Kosovo.

A ello debemos agregar que hay inteligencia contenida en cualquier otro tipo de transmisión NOCOM.

Como vemos, el sintonizar una frecuencia para escuchar la comunicación vocal de nuestro oponente está pasando a ser parte del romanticismo de la historia, como lo fue el pañuelo agitado por el viento en los combates aéreos.

El verdadero problema pasa ahora por el cribado de todas las emisiones para rescatar aquellas cuyo contenido nos interesa. Y aún cuando para hacerlo se poseen equipos poderosos y sofisticados, cada vez se depende más de operadores con gran capacidad e ingenio.

El Cable

Aún cuando el COMINT clásico, del cual deriva el análisis de contenido actual,

sólo se dedicó a comunicaciones en el espectro electromagnético, y el análisis de las comunicaciones por cable era realizado en forma separada, la tecnología ha llevado a que los contenidos, sea que se transmitan por cable o usando el espectro, sean los mismos; y utilicen los mismos protocolos, encriptados, etc.. Es más, incluso el encaminamiento de un contenido puede ser indistintamente por uno cualquiera de los medios, o utilizar ambos.

Por ello es conveniente agrupar todo lo que sea análisis de contenido; sea por cable o mediante el espectro electromagnético.

OTROS SENSORES FUERA DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

Aún cuando no los analizamos, debemos recordar que fuera del espectro electromagnético tenemos sensores:

- Acústicos.
- Sísmicos.
- De anomalías magnéticas.
- QBN, para detección de agentes químicos o bacteriológicos, y de detonaciones nucleares.

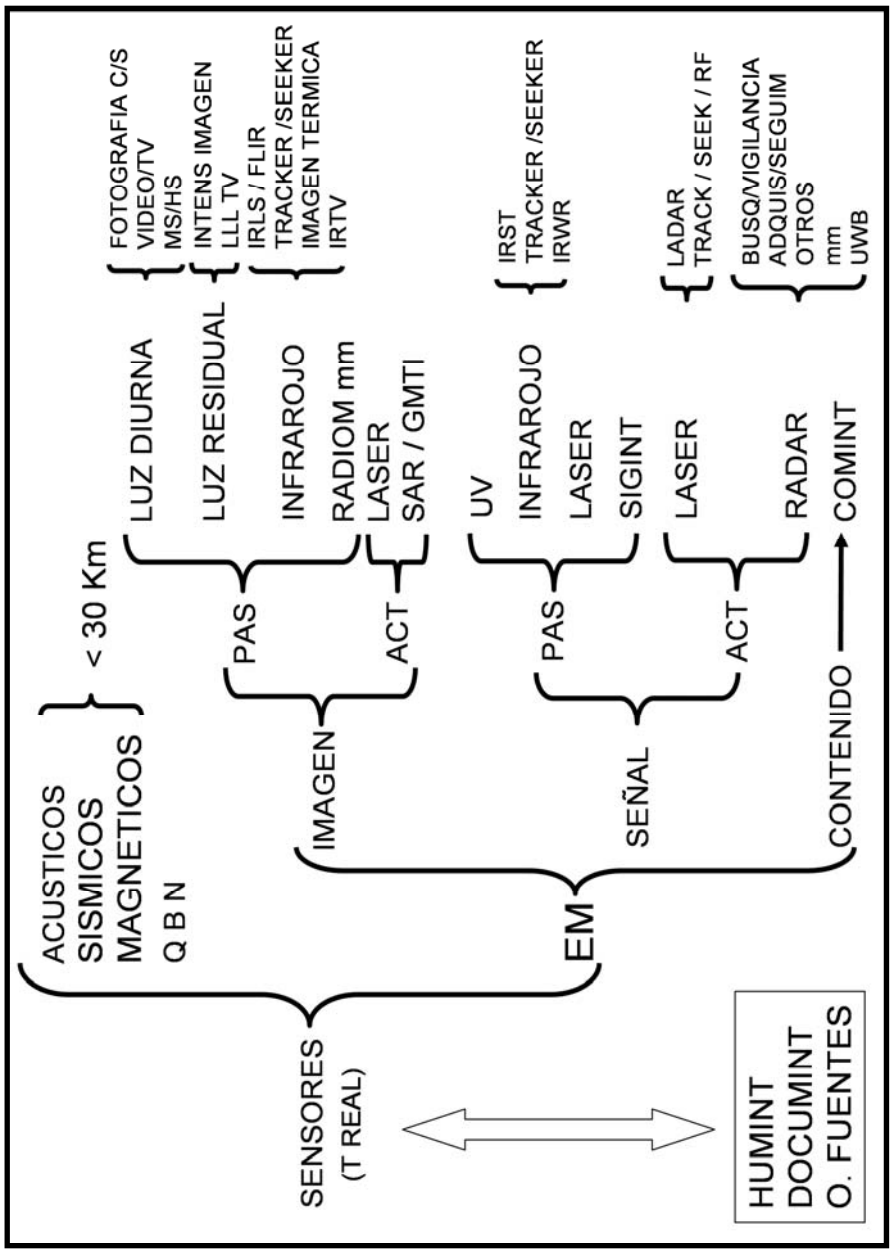

GRAFICO 11 - Los Medios de Obtención de Información

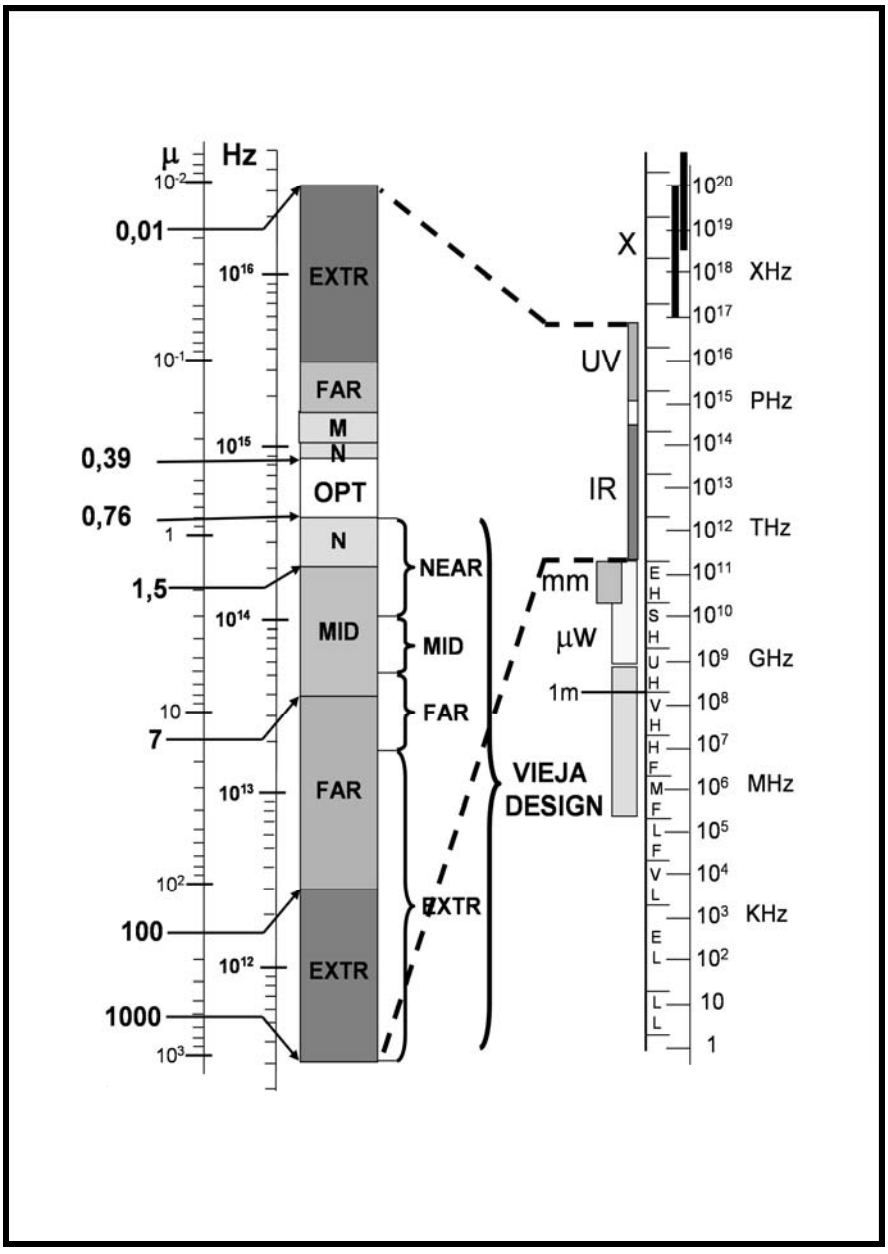

GRAFICO 12 - El Espectro en Frecuencias IR, Opticas y UV

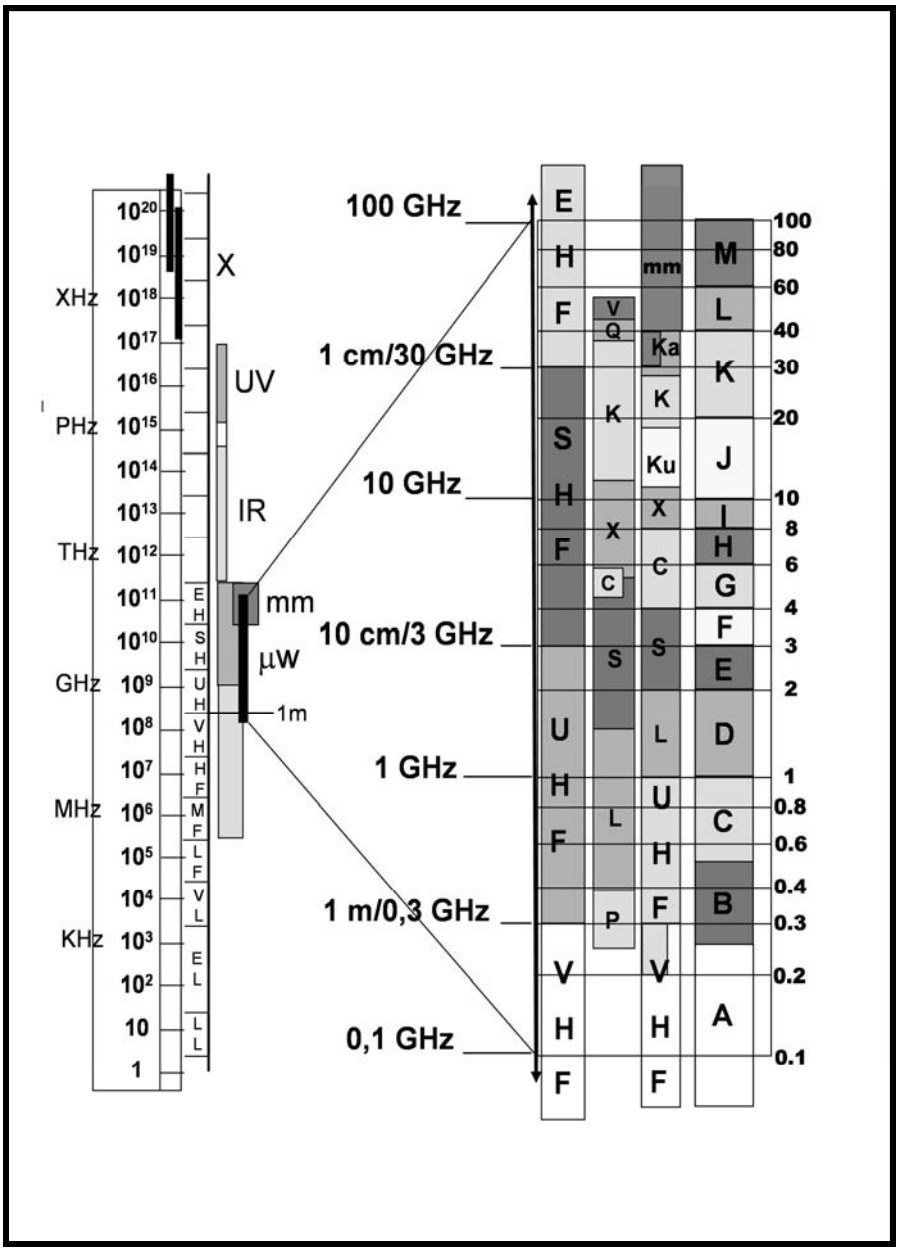

GRAFICO 13 - El Espectro de Radiofrecuencias

GLOSARIO

A/D = analógico/digital
ABL = AirBorne Laser / Láser Aeroportado
Active array antenna = antena de estructura activa
Add on kits = conjuntos para agregar
ADRG = Arc Second Digitized Raster Graphics / gráficos digitalizados de barrido secuencial de segundo de arco
AESA = Active Electronically Steerable Array / antena [o estructura, o arreglo, o conformación] activa orientable electrónicamente
AEW = Airborne Early Warning / Alerta Temprana en Vuelo - Aeroportada
AGS = Airborne Ground Surveillance / vigilancia terrestre aeroportada
Alcance em en kilómetros = $4{,}12\sqrt{h_{sensor(m)}}$
Alcance em en millas náuticas (NM) = $1{,}23\sqrt{h_{sensor(ft)}}$
Alcance óptico en km = $3{,}57\sqrt{h_{sensor(m)}}$
ALS = active laser seeker / perseguidor láser activo
AMEBA = Alcances de los Medios de Ejército y sus Baterías Antiaéreas
AMSTE = Affordable Moving Surface Target Engagement / posibilidad de enganche de blancos móviles de superficie
AMTI = Airborne MTI / MTI aeroportado - o MGTD (Mobile Ground Target Detector / Detector de blancos terrestres móviles)
Anti Ship Missile = misile contra buques
ARM = Anti Radiation Missile / Misil Anti Radiación
AWACS = Airborne Warning and Control System / Sistema Aeroportado de Alerta y Control - para la detección de blancos aéreos
AWS = Arrow Weapon System / Sistema de arma Arrow
BDA = Battle – Bomb Damage assessment / Evaluación de daños
BDS = Boost Defense Segment / Segmento defensa en la fase de empuje
Beam Rider = haz cabalgado
Blue Waters = aguas azules (de la inmensidad de los mares)
Blurring de la imagen = imagen borrosa
Bomb damage assessment = evaluación de daños
Brown Waters = aguas marrones (litorales)
C^2 = Comando y Control
C^2Wf = guerra de C^2

C³ Protection = Protección de C³
C³CM = Command, Control and Communications Counter Measures / contra medidas de C³
C4ISR = Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance / Comando, Control, Comunicaciones, Computadoras, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento
CC = Combate Cercano
CCD = Charge Coupled Device / Dispositivo de Carga Acoplado
CE = Combate Electrónico
CEC² = CE en sistemas de C²
CEDA = CE en la Defensa Aérea
CESA = CE en Sistemas de Armas
Chemical detector = detector de agentes químicos
CI = caza interceptora
CIC = Centros de Información y Control
CM = Cruise Misile / misil de crucero
CMOS = Complementary Metal Oxide Semiconductor / semiconductor de oxido metálico complementario
Combat radar = radar de combate
COMINT = COMmunications INTelligence / INCOM – INteligencia de COMunicaciones
COMSEC = communication security / seguridad en las comunicaciones
COMunicaciones
CONUS = USA continental
COP = Common Operational Picture / Imagen Operativa Común
COS = COnical Scan / barrido cónico
COSRO = COS en recepción solamente
Counter C³ = Contra C³
CptrWf = Computer Wf / guerra de computadoras
CR = Ciclo de Reacción
CW = continuous wave
DBK = Dominant Battlespace Knowledge / Conocimiento Dominante del Espacio de Batalla
DBS = Doppler Beam Sharpening / Afinado del Haz por Doppler
DCS = Digital Camera System / sistema de cámara digital
DEM = Digital Earth/Elevation Model / Modelo digital de la tierra
Detectors array = estructura de detectores
Digital Battlefield = campo de batalla digital
Digital Warrior = guerrero digital
DLIR = Downward Looking IR / visión IR hacia abajo
DOA = Direction Of Arrival / dirección de arribo
Dry Film = película seca (polaroid)
EAD = Extended Air Defense / defensa aérea extendida

EC = Electronic Combat / CE - combate electrónico
ECCM = Electronic Counter CounterMeasures / CCME – Contra Contra Medidas Electrónicas
ECM = Electronic Counter Measures / CME - contramedidas electrónicas
eem = espectro electromagnético
Electronic scanning = barrido electrónico
ELINT = ELectronic INTelligence / INTEL - INTeligencia ELectrónica
EO = electroóptico u optoelectrónico
EOLS = Electro Optical Line Scan / escaneado lineal electroóptico
ESA = Electronically Steerable Antenna / antena rotable u orientable electrónicamente
ESM = Electronic Support Measures / MAE - Medidas de Apoyo Electrónico
EW = Early Warning / alerta temprana
EWf = Electronic War-fare / componente electrónico (parte electrónica) de la guerra
EWf (EW) = Electronic Warfare / guerra electrónica
EWfSM = Electronic Warfare Support Measures / MAGE – Medidas de Apoyo de Guerra Electrónica
FCC = Federal Communications Commission / Comisión Federal de Comunicaciones
Fence = cerca o verja
FIA = Future Imagery Architecture / futura arquitectura de imágenes
FIC = Fractal Image Compression / compresión fractal de imagen
FLIR = Forward Looking IR / visión IR hacia adelante
FMC = Forward Motion Compensation / compensación del movimiento de avance
FMCW = Frequency Modulated Continuous Wave / onda contínua modulada en frecuencia
Follow on forces = fuerzas que siguen
FOR = Field Of Regard / FOV total - a veces también llamado TFOV / Total FOV
Forward, from the Sea = hacia adelante, desde el mar
FOV = Field Of View / apertura angular o campo visual
FPA = Focal Plan Array / estructura en plano focal - también ¨Staring Array¨(estructura de visión fija)
Frequency shift = corrimiento de frecuencia
Frequency shift lobe = lóbulo por corrimiento de frecuencia
Frescan = barrido por frecuencia
From the Sea = desde el mar
Gap Filler = Radar complementario para asegurar el cubrimiento de huecos
GCA = Ground Control Approach / control de aproximación desde tierra
GIG = Global Information Grid / grilla (entramado, red) de información global
GIS = Geographical Information System / Sistema de Información Geográfica

GMTI = Ground MTI / MTI terrestre
GPR = Ground Penetration Radar / radar que penetra el terreno
GPS = Global Positioning System / sistema de posicionamiento global
GRC = Ground Referenced Coverage / Cubrimiento con el terreno como referencia
Halt phase = fase de parar al enemigo antes que entre en contacto con las propias fuerzas
Hard kill = matar duramente - con dureza
HMD = Helmet (o Head) Mounted Display / presentación (visor) montada en el casco
Hot spot = punto caliente
HUD = Head Up Display / presentación para cabeza arriba
HUMINT = HUMan INTelligence / inteligencia humana
I2 = Image Intensifiers / Intensificadores de Imagen
ICBM = misil balístico intercontinental
IFS = Iterated Functions System / Sistema de Funciones Reiterativas
IFSAR = InterFerometric SAR / SAR interferométrico
Image intensifier tube = válvula intensificadora de imagen
INFO = Información
Info grid = grilla de información - para procesar y distribuir la información
Infosphere = infosfera
Infra Protection = protección de la infraestructura
Infra Wf = guerra de infraestructura
INTEM = INTeligencia de EMisiones
Intensified Vidicons = vidicones intensificados
IO = Information Operations / Operaciones de Información
IOC = Initial Operational Capability / Capacidad Operativa Inicial
IR = infrarrojo
IRBM = misil balístico de rango intermedio
IRCM = contra medida IR
IRINT = Infra Red INTelligence / inteligencia IR
IRLS = IR Line Scanner / barredor o escaneador lineal IR
IRST = IR Search and Track / Búsqueda y Seguimiento IR
IRWR = IR warning receiver / receptor de alerta IR
ISAR = Inverse SAR / SAR Inverso
IWf (IW) = Information Warfare / guerra de información
J-STARS = Joint Surveillance Target Attack Radar System / Sistema de Radar Conjunto para la Vigilancia y Ataque de Blancos - para la detección de blancos terrestres
JTIDS = Joint Tactical Information Distribution System / Sistema Táctico Conjunto de Distribución de Información
L^3 = Low Light Level / bajo nivel de iluminación
L^3 TV = Low Light Level TV / TV de bajo nivel de iluminación

LADAR = LAser Detection And Ranging / láser operado con los principios del radar, a veces también denominado LIDAR (LIght Detection And Ranging)
Laser range finder = medidor de distancias láser
Laser designator = designador láser
Laser Locator = localizador láser
Laser seeker = perseguidor láser
Layers = capas o niveles
LC = Línea de Contacto
LCAF = Línea de Coordinación de Apoyo de Fuego
LIM = línea de intercepción mínima
LITE = Laptop Imagery Transmission Equipment / equipo de transmisión de imágenes con laptop
Long wave window = ventana en longitud de onda larga
Look Down = mirar hacia abajo
Look into turn = mirar hacia el viraje
LORO = Lobe On Receive Only / lóbulos en recepción solamente
LOROP = Long Range Oblique Photography / Fotografía Oblicua a Gran Distancia
LOS = Line of Sight / línea de vista
Lower Tier = nivel o capa inferior – o endoatmosférico
LS = Line Scan / barrido o escaneado lineal
LWR = Laser Warning Receiver / Receptor de Alerta de que estamos siendo iluminados por un Laser
Man in the loop = hombre dentro del ciclo
Mapping = mapeado
MCP = microchannel plate / grilla de microcanales
MDS = Midcourse Defense Segment / Segmento defensa en la parte intermedia de la trayectoria
MEADS = Medium Extended Air Defense System / sistema de defensa aérea medio extendida
Measure = medida
Meteor burst = comunicación por dispersión meteórica
MFCR = Multifunction Fire Control Radar
MGTD = Mobile Ground Target Detector / Detector de blancos terrestres móviles
Mid wave window = ventana en longitud de onda media
MIR = Micropower Impulse Radar / radar de impulsos de micropotencia
Mission Planning = planeamiento de misiones
MLRS = Multiple Launch Rocket System / Sistema de Cohetes de Lanzamiento Múltiple
MRBM = misil balístico de rango medio
MSE = Message Switching Equipment / equipo de distribución de mensajes
MTI = Movil Target Indicator / Indicador de Blancos Móviles
Multifunction = multifunción

Multilobe = multilóbulo
MWS = Missile Warning System / sistema de alerta de misiles
MWS = Multi Warning System / sistema de alerta múltiple
Narrow FOV = FOV angosto
Network Centric = Centrado en la Estructura de Red
Night Vision = visión nocturna
NOE = Nap Of the Earth / volar pegado al suelo
NVG = Night Vision Gogles / anteojos de luz residual o de visión nocturna
OBE = Orden de Batalla Electrónico
OCAA = Oficial de Control Aéreo Adelantado
On the fly = mientras vuela
OPINT = OPtical INTelligence / inteligencia óptica
OSA = Oficial del Sistema de Armas
OTH = Over The Horizon / transhorizonte
OTH-B = OTH Backscattering / transhorizonte por reflejo devuelto
OTH-F = OTH Forward scattering / transhorizonte hacia adelante
PAC = Patrulla Aérea de Combate
PAR = Precision Approach Radar / radar de aproximación precisa
PCL = Passive Coherent Location / localización coherente pasiva
Phase array = arreglo en fase, o distribución en fase, o estructura por fase
Phase array antenna = antena de ¨estructura por fases¨, o de ¨conformación por fases¨, o ¨distribución por fases¨, o ¨arreglo de fases¨
Phase shift lobe = lóbulo por corrimiento de fase
Phase shifters = desplazadores- corredores de fase
Pixel = PICture ELement / Elemento (unidad) de Imagen
Platform Centric = Centrado en la Plataforma
PNVG = Panoramic NVG / anteojos panorámicos de visión nocturna
PRI = Pulse Repetition Interval / Intervalo de Repetición de Pulsos
Pulsed Doppler = doppler pulsado
Radar illuminator = iluminador radar
Range finder = medidor de distancia
RAR = Real Aperture Radar / Radar de Apertura Real
Raster scan = barrido secuencial
RCS = Radar Cross Section / superficie radar equivalente
Rivet Joint = plataforma SIGINT - para todos los blancos que emiten en el eem
RRC = Radar Referenced Coverage / Cubrimiento con el radar como referencia
RWR = Radar Warning Receiver / Receptor de alerta radar
RWS = Radar Warning System / sistema de alerta radar
S-A = superficie–aire
SAM = Surface to Air Missiles / misiles superficie-aire
SAR = Synthetic Apperture Radar / Radar de apertura sintética
SBIRS = Space Based IR System / sistema IR basado en el espacio
Sea skimming = a ras del agua

SEAD = Suppression of Enemy Air Defenses / supresión de las defensas aéreas enemigas – SEDA - Supresión de Elementos de Defensa Aérea
Search = vigilancia o búsqueda
Seeker = perseguidor (buscador – seguidor)
Sensor grid = grilla de sensores - para manejar los sensores
Sensor-shooter = sensor–tirador
Shooters-efectors grid = grilla de sistemas de armas disponibles para actuar
SIGINT = SIGnal INTelligence / inteligencia de señales – o INTEM – INTeligencia de EMisiones
Signature = impronta (algunos lo traducen como ¨firma¨)
Situational Awareness = Tener Clara la Situación
SIVAM = SIstema de Vigilancia da AMazonia
SL = Sequential Lobing /apuntado secuencial
SLAR = Side Looking Airborne Radar / Radar Aeroportado de Visión Lateral
SLIR = Side Looking IR / IR de visión lateral
SLRO = SL en recepción
Snap look = dar una ojeada
Soft kill = matar blandamente - con blandura
Solar blind = ciega a la radiación solar
Spot tracker = seguidor del punto (de láser)
Squint angle = ángulo de desfasaje
SRTM = Shuttle Radar Topography Misión / Misión de Topografía Radar del Shuttle
SSR = Secondary Search Radar / radar secundario
Staring array = estructura de FOV total fijo – también ¨FPA¨
still video = video-fotografía
Strip = franja o tira
Swath = ancho de barrido
Tank Plinking = hacer saltar los tanques
Targeting = asignación o marcado de blancos
TBMD = Theater Ballistic Missile Defense / defensa contra misiles balísticos de teatro
TCT = Time Critical Targets / blancos críticos por tiempo – blancos de tiempo crítico
TDI = Time Delay and Integration / retraso de tiempo e integración
TDS = Terminal Defense Segment / Segmento defensa en la fase terminal
Terrain avoidance = traducido normalmente como evitación de obstáculos
Terrain following = de seguimiento del terreno
THAAD = Theater High Altitude Area Defense / Defensa de área del teatro de alta altitud
Theater BM = misil balístico de teatro
THEL = Tactical High Energy Laser / Láser Táctico de Alta Energía
Thermal tape = cinta térmica (para verla con IR)

TI = Thermal Imager / generador de imagen térmica o IR
Tilt = posición angular vertical
TPED = Task, Process, Exploit, Disseminate / obtención, procesamiento y distribución de la info
Tracker = seguidor
TRANSEC = transmission security / seguridad en la transmisión
TRC = tubo de rayos catódicos
TWS = Track While Scan / seguimiento mientras barre
TWSRO = TWS en recepción solamente
TxRx = transmisor y receptor
Upper Tier = nivel o capa superior – o exoatmosférico
UWB Radar = Ultra Wideband Radar / radar de banda ultra ancha
Velocity gate = compuerta o ventana de velocidad
VeNTri = Vehículo No Tripulado / UAV -Unmanned Aerial Vehicle
VTb = ventana de tiempo del blanco
Wet Film = película húmeda
Wide FOV = FOV ancho
Wild Weasel = comadreja salvaje

INDICE DETALLADO

LA INTRO CONCLUSION 1

PRIMER ANALISIS: LA NUEVA FORMA DE HACER LA GUERRA 5

PARTE I - LOS NUEVOS CONCEPTOS QUE GENERAN NUEVAS DOCTRINAS 7
PRIORIDADES DE LAS BLANCOS 7
¿Por qué la Diferencia con los Blancos Clásicos de Guerras Anteriores? 7
¿Por Que los Sistemas de Comando y Control? 8
El Ciclo de Reacción 9
Primera Pre-conclusión 10
¿Por qué los Sensores de la Defensa Aérea? 10
Necesidad del Ataque en Profundidad 10
Segunda Pre-conclusión 12
Necesidad de Información Precisa y en Tiempo Real 12
Tercera Pre-conclusión 14
Necesidad de Suprimir las Defensas Aéreas del Enemigo 14
Cuarta Pre-conclusión 16
LA CONCLUSION INTERMEDIA 16
ABISMO TECNOLOGICO E INGENIO 18
EVOLUCION DE CONCEPTOS Y ACUÑADO DE TERMINOS 22
La Parte Histórica 23
Década 70 23
¿Qué Conceptos se Rescatan de Esta Torre de Babel 25
Década 80 26
Supresión de la Defensa Aérea Enemiga / SEAD 26
Contramedidas de C^3 / C^3CM 26
Combate Electrónico – Combate Electromagnético 28
Los Términos Post Golfo 30
IWf y sus Derivados 30
C^2 y sus Relacionados 33
Síntesis de los Conceptos 34
PARTE II - LOS BLANCOS A ATACAR 37
REPLANTEO DE PRIORIDADES 37
Los Blancos Repotenciados 37
Tres Entornos de Blancos 38
From The Sea 41
LAS FUERZAS TERRESTRES EN LA PROFUNDIDAD 41
Su Consideración Como Blancos 42

Los Diferentes Tipos 42
Las Distancias Involucradas 43
Para Atacar un Blanco se Necesita Información....44
El Santuario del Km 31....46
El Fin del Santuario 47
La Pseudo Artillería de Campaña 50
Los Nuevos Conceptos....50
Todo Esto es una Utopía 52
LOS SISTEMAS DE COMANDO Y CONTROL....53
Cerebro y Algo Más 53
Los Múltiples Cerebros 54
LOS MEDIOS AEREOS....54
LA DEFENSA AEREA 58
Estructura de un Sistema de Defensa Aérea....59
Características a Tener en Cuenta Cuando Analizamos las Armas Superficie - Aire....59
Los Sensores....59
Las Armas....60
El Mapa de Cubrimientos y Envolventes 60
Agrupamiento de las Amenazas por Cotas....61
Peligro y Descontrol Debajo de los 15.000 Pies....61
Misiles de Cotas Media y Alta....62
El Vuelo Impune 63
LA INFRAESTRUCTURA DEL ESTADO....64
RESUMEN DE LOS BLANCOS A ATACAR 64

SEGUNDO ANALISIS: LA INFORMACION A DEGRADAR/PROTEGER 67

PARTE I - EMITIR/CAPTAR/DEGRADAR....69
LOS CICLOS DE REACCION 70
DOS VERDADES FUNDAMENTALES....76
Todo lo que Emite Puede Ser Captado....76
Todo lo que Capta Puede Ser Degradado....77
Donde Actuar 77
PARTE II - LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INFORMACION....79
LOS SENSORES 79
El Captor (detector/antena)....79
El FOV....80
El FOV Instantáneo....80
El FOV Total....80
El Cubrimiento Total o Real (FOR)....81
Las Antenas Direccionales 81

Los Sensores en Sí....82
EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS....82
Su Necesidad....82
Resolución y Procesamiento....84
Resolución Espacial....85
Resolución radiométrica....86
Resolución Espectral....86
Resolución Temporal....87
Procesamiento y Transmisión....87
Archivo Transitorio de los Datos....88
Compresión y Fractales....88
IMÁGENES-MAPA DE LA TIERRA....91
Técnicas de Generación....92
Escaneado y Raster....92
Por Vectores....92
Mapas más Imágenes de la Tierra....93
Falso 3D....93
IFSAR + EO....93
Las Posibilidades....94
Pendientes y Terrenos....94
Cubrimientos Radar y Otros....94
Visión Oblicua del Terreno....95
Cartas a Medida....95
Percepción Común....96
Algunas Consideraciones....96
Layers (capas)....96
Pixels y Grado de Detalle....97
Qué Degradar / Proteger....98
FUSION E INTEGRACION....98
La Fusión (de los datos) de los Sensores....99
Manejo de los Sensores....101
Referencia Geotemporal....102
Fusión Según el Uso....103
Fusión Para Información de la Situación....104
Fusión Para Targeting....104
Los Centros de Fusión....105
Ventajas de la Fusión....105
La Integración....106
EL ANALISIS DE LA INFORMACION....108
Análisis de las Imágenes....108
Algunas Precauciones....109
Otras Cosas a Buscar....109
El Exceso de Información....110

LA DISTRIBUCION DE LA INFORMACION....112
Información a Todos y a Tiempo....112
Broadcast (propagación/propalación)....114
Como Distribuir la Información....114
Quien la Distribuye y Quien la Recibe....116
Como se Recibe....117
LasDistintas Grillas o Entramados....119
Restricción del Acceso a la Información....121
Como Transmitir la Información....122
Transmitir o No Transmitir....124
El Equipamiento Para Transmitir la Información....125
Algunas Consideraciones....125
Las Comunicaciones Vía Satélite....127
Interoperatividad....129
Síntesis....129
PARTE III - INTRODUCCION AL ANALISIS SOBRE EL SISTEMA DE TOMA DE DECISION....131

LA CONCLU-INTRODUCCION....135

De la INTRO-CONCLUSION a la CONCLU-INTRODUCCION....137

APENDICE: LOS SENSORES....139

PARTE I - LOS SENSORES Y EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO....141
EL USO DEL ESPECTRO....141
TRANSMITANCIA, REFLEXION, EMISIVIDAD....143
LOS TIPOS DE SENSORES POR BANDAS DE FRECUENCIAS....146
PARTE II - LOS SENSORES DE IMAGEN....147
ALGUNAS PARTICULARIDADES A CONSIDERAR....147
Pixel, Resolución, Field of View....148
Pixel....148
Resolución....148
Field of View / Campo Visual....148
Soporte en el que Registran la Imagen....149
Los Equipos Optoelectrónicos....150
SENSORES QUE NECESITAN LA LUZ DIURNA....154
Visión Directa y TV....154
Fotografía y Video Digitales....154
Las Cotas de Vuelo para la Fotografía Aérea....156
Multi e Hiper espectral....156
SENSORES DE IMAGEN POR LUZ RESIDUAL....158
Tipos de I^2....158

Anteojos de Visión Nocturna o de Luz Residual....159
Miras Para Armas....160
Montados en Plataformas....160
TV de Bajo Nivel de Iluminación....160
El Rango de Frecuencias en los que Operan....161
Performances....161
SENSORES DE IMAGEN TERMICA....162
Los Detectores y su Refrigeración....163
Los Tipos de TI....164
IRLS/SLIR....164
FLIR....165
Navegación y Targeting....165
Uso Para Navegación....166
Uso Para Targeting....166
El FLIR Para el Reconocimiento e Identificación de los Blancos....168
Seekers por TI....169
Munción con Autotracker....170
Seguimiento Vía Misil....170
GPS y Seeker....171
Otra Munición Guiada....171
TI como Visores de Tanques y Vehiculos de Combate....172
TI para Reconocimiento Terrestre....173
TI como Miras para Armas....173
TI para Defensa Aérea....173
IRTV....174
RADAR DE APERTURA SINTETICA – SAR....174
El Efecto Doppler....174
Funcionamiento del SAR....175
Frecuencias....176
Polarización....177
Los Barridos....177
Usos....178
Mapeo 2D Y 3D....178
MTI - GMTI....179
ISAR....180
Aplicaciones Militares....181
Las Plataformas....182
SENSOR DE IMAGEN USANDO LASER O FRECUENCIAS MILIMETRICAS....182
PARTE III - LOS SENSORES DE SEÑAL....183
CONCEPTOS PREVIOS....183
Señal....183
Los Sensores Según los Parámetros que Detectan....183

Tracker y Seeker....184
Targeting (asignación-marcación de blancos)....184
Activo, Semiactivo y Pasivo....184
Sensores Activos....184
Sensores Semiactivos....184
Sensores Pasivos....185
La Localización del Blanco....185
PASIVOS Y ACTIVOS....186
Sensores de Señal Pasivos....186
Sensores de Señal Activos....187
SENSORES IR....187
IR Search and Track....187
IR Tracker y Seeker....188
IR Localizador de Artillería y Misiles Balísticos....188
IR Warning Receiver....189
SENSORES LASER....189
Ladar/Lidar....189
Laser Range Finder....189
Laser Locator....190
Laser Seeker....190
Laser Spot Tracker....190
Laser Warning System....190
SENSORES UV....191
SENSORES EN FRECUENCIAS MILIMETRICAS....191
Radar Milimétrico....192
Radiómetro Milimétrico....192
RADARES....193
Conjunto Transmisor-Receptor (Tx-Rx)....194
Onda Continua Pura....195
Doppler Básico....195
Doppler Modulado en Frecuencia....196
De Pulso....197
Doppler Pulsado....197
Las Antenas....197
La Forma del Lóbulo....198
Antenas de Reflector....198
Antenas Planares....201
Antenas Activas....202
El Barrido de las Antenas....202
Mecánico o Electrónico....202
El Cubrimiento Dado por el Desplazamiento Total de la Antena....204
Radares Para Sistemas de Armas Contra Blancos Aéreos....205
Radares Para Sistemas de Armas Superficie (tierra) - Aire....205

Radares de Búsqueda o Adquisición 205
Radares de Seguimiento de Blancos 207
Radares para el Guiado de los Misiles 207
Radares para Sistemas de Armas Mar-Aire 208
Radares para Sistemas de Armas Aire-Aire 208
Radar Abordo del Misil 209
Radares Para Sistemas de Armas Contra Blancos Navales 209
Radares Para Sistemas de Armas Contra Blancos Terrestres 210
Radares Contra Misiles Balísticos 210
Los Misiles 210
La trayectoria y la Defensa 211
Los Radares 212
Radares Para Búsqueda y Vigilancia Aérea 213
En Instalaciones Terrestres 213
Abordo de Buque 214
Aeroportado 214
Biestático 215
Radares para Ayuda al Tránsito Aéreo 215
Para Control en Ruta 216
Para TMA 216
De Aeropuerto 217
Para Aterrizaje GCA/PAR 217
Decca para Aterrizaje 217
Radares para Uso Propio de las Plataformas Aéreas 218
De seguimiento del Terreno 218
Meteorológico / para Navegación 219
De Navegación Doppler 219
AltImetro 220
Para Detección de Obstáculos 220
De Cola 220
Radares para Búsqueda y Vigilancia Marítima 220
De Búsqueda Superficie 220
Para Patrulla MarItima 220
Costeros 221
Para Ayuda al Tráfico Marítimo 221
De Vigilancia en Submarinos 221
Radares para Búsqueda y Vigilancia Terrestre 222
Aeroportados para la DetecciOn de Blancos Terrestres 222
Terrestres para DetecciOn de VehIculos, Personas y HelicOpteros 223
Terrestres para LocalizaciOn de Morteros y ArtillerIa 223
Terrestres para Seguridad de Instalaciones 224
Radares Para Detección de Misiles Balísticos 224
Radares Para Detección y Seguimiento de Satélites 225

Radar Meteorológico....226
Radar de Seguimiento de Globos y Cohetes Sonda....227
Radar UWB....227
El Sistema CARABAS....228
Detección de Plataformas Furtivas....228
Radar Para Espoleta de Proximidad....228
SENSORES PASIVOS DE SEÑALES O EMISIONES RADIO ELECTRICAS....228
SIGINT, y su subdivisión en ELINT y COMINT, ¿o EMINT?....228
Los Sensores en Sí....231
Usos....231
Categoría del Equipamiento....231
SENSORES DE CONTENIDO....232
El Cable....233
OTROS SENSORES FUERA DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO....234

GLOSARIO....239

LISTADO DE GRAFICOS

1: Alcance de los Sensores 14
2: Evolución de la Guerra Electrónica 24
3: Lo que USAF Mostraba en sus Manuales en la Década 80 27
4: Como se Puede Reacomodar el Concepto USAF 80 y Completarlo con lo que Actualmente Sucede 30
5: El CONCEPTO que Debemos Preservar: DEGRADAR / PROTEGER el Sistema de INFORMACION 35
6: Alcance de los Medios de Ejército y sus Baterías Antiaéreas 39
7: Los Distintos Componentes del Sistema de Comando y Control 72
8: Lo que se Necesita para que la DECISION sea CORRECTA y OPORTUNA 73
9: El Proceso para que la Toma de Decisión sea Correcta y Oportuna 133
10: Posibles Combinaciones de Antenas y Lóbulos 203
11: Los Medios de Obtención de información 235
12: El Espectro en Frecuencias IR, Opticas y UV 236
13: El Espectro de Radiofrecuencias 237