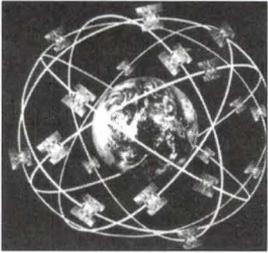


SATELITES, LA CUARTA DIMENSION TECNOLÓGICA DEL CONFLICTO INTERNACIONAL

Gustavo Jordán Astaburuaga *



"No me gustaría que me citaran esto, pero nosotros hemos gastado entre 35 y 40.000 millones de dólares en el programa espacial. Si nada más hubiéramos obtenido de éste aparte del conocimiento que hemos ganado de las fotografías espaciales, esto habría sido equivalente a no menos de 10 veces ese costo, debido a que ahora conocemos cuántos misiles tiene el enemigo y nuestras apreciaciones, sin esta información, eran seriamente erróneas".¹

(Presidente norteamericano Lyndon B. Johnson, 1965).

En el presente artículo se analizarán las capacidades generales que poseen los satélites existentes en la actualidad, su empleo político-estratégico y su influencia en la guerra naval.

Antecedentes.

Han transcurrido casi 40 años desde el primer lanzamiento de un satélite tripulado al espacio (el satélite Sputnik en 1957). En la actualidad, gracias al acelerado avance tecnológico, está apareciendo una nueva generación de satélites, previéndose importantes cambios en los medios de detección y de vigilancia espacial de cobertura mundial.

En el año 1962 los soviéticos lanzaron el satélite Cosmos 4, con el cual se obtuvieron las primeras fotografías de reconocimiento de aplicaciones militares. Este satélite, de órbita baja, permaneció en el espacio sólo 3 días y envió a la tierra los rollos de fotografías obtenidos en una cápsula que contenía el film.

Estados Unidos inició la vigilancia espacial en 1960 con el lanzamiento del primer satélite meteorológico "Tiros", el cual proporcionó las primeras imágenes satelitales de aplicación civil, las que fueron transmitidas electrónicamente desde la posición geosíncronica del satélite hacia la estación de control terrestre. En la actualidad Japón, India y la Agencia Espacial Europea también poseen satélites meteorológicos.²

En la década de los años 70 se inició el lanzamiento de los satélites comerciales norteamericanos Landsat. En 1972 se puso en órbita el Landsat 1, el que utilizó tecnologías derivadas del satélite Tiros mencionado. El Landsat 1 proporcionó una resolución a nivel de la tierra de 79 mts., utilizando 4 bandas multispectrales.³ Los satélites Landsat 4 y 5, lanzados posteriormente proporcionaron una resolución de 25 y 30 mts., respectivamente. Los programas militares de satélites norteamericanos han sido

1. Hough, Harold: "Satellite Surveillance", Loompanics Unlimited, port Townsend, USA., 1991, pág. 12.

2. Rekenhaller A., Douglas: "La Vigilancia del Mundo desde el Espacio, en la Década de 1990", Nato's Sixteen Nations, noviembre de 1984, pág. 42.

3. Rekenhaller A.: Op. cit., pág. 42

orientados a obtener la alarma temprana del lanzamiento de misiles balísticos, a la obtención de inteligencia y al apoyo a sus fuerzas mediante satélites de comunicaciones y de navegación. Tanto los programas militares como civiles norteamericanos han utilizado los mismos vehículos espaciales para colocar en órbita los satélites respectivos y las tecnologías desarrolladas para uno u otro tipo de satélites han sido utilizadas indistintamente en los otros.

A la fecha los Estados Unidos de Norteamérica han lanzado sobre 1000 satélites al espacio, la ex Unión Soviética sobre 2000 y todo el resto de los países no más de 200 satélites. Esto demuestra la preeminencia que han tenido las superpotencias en la carrera espacial. De estas cifras de satélites lanzados al espacio, del orden del 10% se mantienen operativos. El resto o retornó a la tierra, se ha desintegrado o se mantienen en el espacio en lo que se denomina la "chatarra espacial".⁴

En la presente década se han lanzado satélites comerciales, tal como el Spot francés, que han proporcionado imágenes terrestres con una resolución de hasta 10 mts.⁵

"Existe una enorme gama de oportunidades para la futura explotación de los sensores con base espacial. Recién comienza a ser encarada con cierto detalle por unas pocas naciones del tercer mundo, estimuladas en gran parte por el carácter confiable y del relativo bajo costo de los cohetes lanzadores de satélites al espacio, las bases de procesamientos de las informaciones provistas por éstos en tierra, los sensores y las comunicaciones. A medida que los nuevos sensores alcanzan las condiciones operativas y las naciones del tercer mundo se den cuenta del verdadero potencial que encierra la observación constante del mundo para la satisfacción de sus requerimientos individuales, aumentará notablemente el número

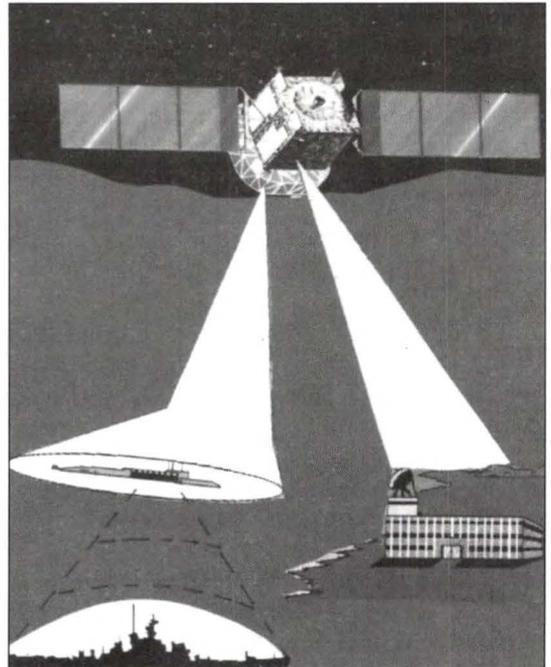
de países que participen en el desarrollo o explotación de los sensores de control remoto de base espacial".⁶

B. Empleo de Satélites a nivel Político-Estratégico.

Los principales usos de los satélites existentes se encuentran en las áreas que se indican a continuación:

1. Satélites de Comunicaciones: estos satélites permiten las comunicaciones casi instantáneas entre todo tipo de fuerzas militares a nivel teatro de operaciones e inter-teatro, incluyendo los enlaces con las facilidades de Mando y Control terrestres y considerando al escalón político, sea donde sea que esté ubicado éste.

Las comunicaciones satelitales son de la mayor utilidad para el manejo de situaciones de crisis, en que la rapidez y certeza



Comunicación consultiva vía satelital con tierra desde submarinos en alta mar en situaciones de crisis.

4. Rekenhales A.: Op. cit., pág. 43.

5. Rekenhales A.: Op. cit., pág. 44.

6. Rekenhales A.: Op. cit., pág. 45.

de la información es vital. El ejemplo de la comunicación vía satélite sostenida por el submarino nuclear británico HMS *Conqueror* con la Comandancia en Jefe de la Armada británica, solicitando instrucciones respecto al crucero argentino *Belgrano*, y la autorización para hundirlo obtenida previa consulta a la Primera Ministro de ese país, es un ejemplo de la importancia de las comunicaciones satelitales en las situaciones de crisis.

Para tener una idea de la importancia que han alcanzado las comunicaciones satelitales en la actualidad, baste señalar que en la guerra del Golfo Pérsico más de un 85% de las comunicaciones tácticas y estratégicas se efectuaron por este medio.⁷

Actualmente no es concebible para las superpotencias ejecutar la "guerra de maniobras" o la "guerra aeroterrestre", si no se cuenta con comunicaciones satelitales que permitan conducir las operaciones y faciliten el intercambio de informaciones entre las fuerzas de combate y de apoyo en tiempo casi real.⁸

Otra implicancia derivada del empleo de comunicaciones satelitales es que cada día es más difuso y menos clara la diferenciación de los niveles políticos, estratégicos y tácticos. El nivel político puede llegar, ahora más que nunca, a dar órdenes directamente al nivel táctico.⁹

2. Satélites Meteorológicos: actualmente los satélites meteorológicos son capaces de proveer de las siguientes informaciones de importancia en los niveles estratégicos y tácticos:

- a). Determinación del viento superficial.
- b). Determinación de la temperatura atmosférica a diferentes alturas.
- c). Detección de áreas con precipitaciones de lluvia u otros fenómenos meteorológicos.
- d). Determinación de la cantidad de nubes existentes y su altura.

e). Proveer la información que permite efectuar pronósticos meteorológicos a corto, mediano y largo plazo.

f). Pronóstico de tormentas de arena.

g). Determinación del porcentaje de humedad.

La información anterior es muy importante para el empleo de sistemas de láser, armas de guiado óptico, por ondas milimétricas, y en la planificación y ejecución de todo tipo de operaciones militares, tanto aéreas, de superficie como navales.

Las facilidades de comunicaciones por satélites permiten el traspaso directo de la información meteorológica hacia los usuarios estratégicos y tácticos de esta información, en tiempo real.¹⁰

La capacidad de integrar, por parte de EE.UU., toda la información meteorológica a nivel global, posibilita la confección de pronósticos meteorológicos con 5 días de validez, lo cual es de singular importancia para la planificación de las operaciones militares.

3. Satélites de Navegación: La información de la posición geográfica que puede ser obtenida de los satélites de navegación permite lo siguiente.

a. Ubicar la posición de todo tipo de unidades navales (buques, submarinos), aéreas y terrestres.

b. Ubicar con precisión la propia ubicación de todos los satélites.

c. Permitir obtener la posición de los misiles balísticos y de crucero en su vuelo hacia el blanco.

d. Determinar con precisión la posición geográfica de blancos enemigos.

Todo lo anterior se puede lograr con una gran exactitud en los satélites militares de navegación, llegándose a determinar la posición de cualquier objeto con una precisión inferior a 10 mts., y con sistemas comerciales de navegación satelital con una precisión del orden de 100 mts.

7. Bruger, Steven J., Coronel, US Air Force: "Not Ready for the First Space War What About the Second?", Naval War College Review, Winter, 1995, pág. 75.

8. Bruger: Op. cit., pág. 76.

9. Bruger: Op. cit., pág. 76.

10. Bruger: Op. cit., pág. 77.

La determinación de la posición precisa tanto de los blancos como de las unidades propias permite la designación y empleo eficiente de las armas modernas de gran alcance y precisión terminal.

A nivel de fuerzas terrestres la navegación satelital permite superar las grandes dificultades que existían en el pasado para coordinar el movimiento disperso de tropas mecanizadas.

Para todos los tipos de aeronaves la navegación satelital representa una gran ayuda, debido a que en este caso es posible agregar a la posición geográfica la determinación de la altura de las aeronaves con una precisión de algunos cientos de pies.

Para los submarinos, la capacidad de navegación satelital les permite actualizar, cada vez que afloran sus antenas, su posición de estima sumergidos.

“En la guerra del Golfo Pérsico el empleo de los receptores portátiles de navegación por satélite, fue el equipo de mayor popularidad e importancia utilizado a nivel masivo por los aliados”.¹¹

Finalmente, los satélites de navegación permiten establecer una red de referencias geográficas comunes para integrar a nivel mundial todo tipo de informaciones de posición, facilitando el proceso de “fusión” de las informaciones obtenidas por medios satelitales, medios terrestres, otros medios de inteligencia, sensores especiales, etc.

3. Alarma Temprana de Misiles Balísticos: Tanto la ex Unión Soviética como los Estados Unidos de Norteamérica, poseen satélites especiales capaces de alertar del lanzamiento de misiles balísticos, lo cual se logra detectando con sensores infrarrojos las emisiones que producen los motores de aceleración de estos misiles al momento de ser lanzados. Adicionalmente es posible determinar la posición geográfica del lanzamiento y por ende determinar que tipo de plataforma o qué país fue el que lanzó el misil.

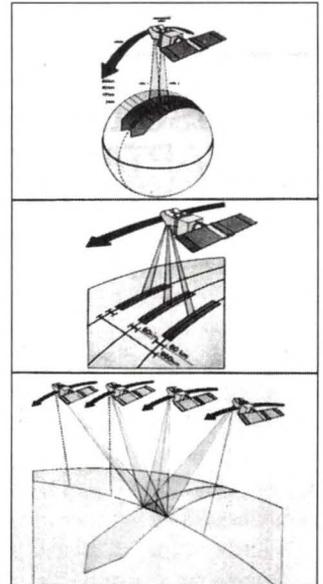
Lo anterior es complementario a radares especiales terrestres diseñados para detectar misiles balísticos y otros satélites en órbita y sensores electro-ópticos de sobresalientes capacidades que permiten identificar, visualmente, a los misiles o satélites que sean detectados en el espacio.

Esta capacidad de alarma temprana del lanzamiento de misiles balísticos fue utilizada en forma real durante la guerra del Golfo Pérsico, detectándose por satélites norteamericanos el lanzamiento de los misiles Scud y permitiendo emitir, vía satélites de comunicaciones, la alarma temprana oportuna tanto a las tropas aliadas en el Golfo Pérsico como a Israel de estos ataques.¹²

4. Vigilancia Satelital: Esta es quizás una de las áreas de la carrera espacial en que más se han invertido recursos por las superpotencias y por otros países que poco a poco han obtenido satélites de vigilancia.

Antes de describir el posible empleo político-estratégico de los satélites de vigilancia, es conveniente explicar, aunque sea en forma somera, las diferentes técnicas y medios utilizados para efectuar los diferentes tipos de vigilancia:

a. Fotografía satelital: éste fue el primer método utilizado en la década de los años 60 para obtener inteligencia entre las



Las capacidades del SPOT le permiten captar imágenes de una vasta zona geográfica y su mirada oblicua le da mayor frecuencia de observación. R/F.A.C.H. N° 193.

11. Bruger: Op. cit., pág. 78.

12. Bruger: Op. cit., pág. 79.

superpotencias. Sigue en la actualidad teniendo gran importancia en la vigilancia satelital moderna. Las principales ventajas de las fotografías satelitales son su simplicidad de operación, la gran resolución que puede ser obtenida con ellas (hasta menos de 1 mt. de resolución para satélites militares), el relativo reducido tamaño requerido por las cámaras fotográficas y la facilidad de interpretación directa de estas fotografías. En las fotografías satelitales se incluyen aquellas que se obtienen del espectro infrarrojo cercano y lejano.

Las desventajas de las fotografías satelitales son el largo lapso de tiempo que se requiere para la recuperación de los rollos fotográficos, las limitaciones dadas por las condiciones de visibilidad de la atmósfera que afectan al espectro de la luz visible e infrarrojo, el efecto de las condiciones meteorológicas, el efecto de la noche para las fotografías utilizando el espectro de luz visible y la dificultad que existe para utilizar medios computacionales para facilitar su interpretación.¹³

b. **Imágenes Satelitales Multiespectrales:** Estas se obtienen utilizando tecnologías similares a los videocámaras comerciales, denominada tecnología CCD, las cuales son capaces de detectar diferentes partes del espectro electromagnético, incluyendo el espectro visible e infrarrojo. Con estos sensores es posible detectar imágenes satelitales con un nivel de luz más reducido que el de las fotografías satelitales. La otra ventaja de estos sistemas es que las imágenes detectadas son digitales, siendo posible su transmisión directa a los centros terrestres en tiempo real, permitiéndose el análisis de estas imágenes con el apoyo directo de computadores.¹⁴

La principal desventaja de estos sistemas es su alta complejidad y costo, la necesidad de contar con fuentes de energía en el satélite de consideración y la relativa poca resolución de las imágenes que proveen estos sensores, del orden de 10 mts.

c. **Radar:** Para superar las dificultades que se producen con las fotografías satelitales y los sensores multiespectrales debido a la existencia del ozono, nubes y las moléculas de metano existentes en la atmósfera, elementos que absorben energía de partes del espectro visible infrarrojo, se han desarrollado los radares satelitales, para el cual estos elementos son transparentes debido a que los radares operan en el rango de frecuencias de las microondas. En consecuencia el radar tiene la habilidad de detectar a través de las nubes, neblina y ciertos fenómenos meteorológicos que dificultan el empleo de las fotografías o los sensores multiespectrales explicados en los párrafos anteriores.

Los radares satelitales no tienen limitaciones para su empleo nocturno. Adicionalmente son capaces de determinar la existencia del terreno que se está detectando e incluso el tipo de vegetación.

La resolución de los radares satelitales, como la de todos los radares, depende del ancho del pulso de la onda emitida por el radar y por el ancho del lóbulo de su antena, determinado este último por el largo de la antena respecto de la frecuencia utilizada.

Para mejorar la resolución en demarcación de los radares satelitales, se han desarrollado los radares denominados de "apertura sintética", los cuales mediante técnicas especiales logran simular electrónicamente grandes antenas (hasta una longitud superior a un kilómetro), logrando finalmente resoluciones de las imágenes obtenidas inferiores a 5 metros.¹⁵

Mediante los radares de apertura sintética también es posible determinar la textura y forma de los blancos detectados, lo cual es de gran importancia para el análisis de inteligencia.

Los radares satelitales tienen un obvio empleo en el mar para detectar unidades de

13. Bruger: Op. cit., pág. 42.

14. Bruger: Op. cit., pág. 47.

15. Bruger: Op. cit., pág. 51.

superficie y en ciertos casos submarinos ubicados en las cercanías de la superficie, aspectos que serán analizados con mayor detalle en la sección correspondiente al empleo de satélites en la guerra naval.

d. Detectores de Señales de Radar y de Comunicaciones: Al igual que sensores equivalentes que pueden ser instalados en unidades navales, aéreas y centros de inteligencia terrestres, existen satélites con la capacidad de detectar y analizar todo tipo de señales de radar y de comunicaciones, junto con determinar la demarcación del emisor. Estas detecciones pueden ser transmitidas en tiempo real a las estaciones de análisis terrestres.

Revisados ya los diferentes sensores de vigilancia satelitales existentes, a continuación se analizará el empleo político-estratégico de los satélites de vigilancia.

a. Verificación del Cumplimiento de Tratados de Desarme Entre las Superpotencias: Los satélites de vigilancia han sido la clave para los procesos de control y supervisión del cumplimiento de los tratados de desarme o limitación de armamentos firmados entre las superpotencias. Este hecho ha sido causa justificada, desde el punto de vista norteamericano, para proveer el financiamiento de su programa espacial, el cual ha demandado ya sobre 100.000 millones de dólares.

b. Obtención de Inteligencia: Los satélites de vigilancia son utilizados para detectar y evaluar, entre otras, las siguientes informaciones de vigilancia:

- 1) Movimientos de tropas.
- 2) Intenciones de las tropas ya desplegadas (por su despliegue, medios utilizados y si han establecido o no posiciones defensivas).
- 3) Monitorear maniobras o ejercicios a gran escala en tiempos, de paz con lo cual se puede deducir las doctrinas y procedimientos del enemigo.
- 4) Determinar el tipo de terreno, incluyendo a la costa.

5) Obtener la posición exacta de los blancos militares fijos.

6) Determinar las curvas de nivel terrestres para obtener cartografía tridimensional que será utilizada por aviones de ataque modernos y por los misiles crucero.

7) Determinar el zarpe de unidades navales desde sus puertos base.

8) Determinar las probables capacidades militares futuras observando las actividades de las fábricas de armamentos y astilleros, como los campos de pruebas de sistemas de armas.

9) Determinar todos los de parámetros electrónicos de los nuevos radares o sistemas de armas del enemigo.

10) Interceptar sus comunicaciones, radio-localizando su origen.

11) Obtención de alarma estratégica temprana al detectar movimientos inusuales de tropas, buques, aeronaves y emisiones electrónicas, como el caso de la crisis de Kuwait previo a la invasión de ese país por Irak en 1990.

12) Monitoreo de desastres naturales y crisis políticas internas, tales como el accidente nuclear de Chernobyl en la ex Unión Soviética y la crisis política interna de China originada en Tianamen Square.¹⁶

c. Inteligencia Económica: El poder militar de un país y su estatura política internacional está sustentada, entre otros factores importantes, en su poderío económico. Por lo anterior frecuentemente se utilizan satélites de vigilancia multiespectrales para estimar las capacidades económicas de los países, de sus cosechas, etc. El ejemplo clásico de este empleo era la tradicional estimación norteamericana de las cosechas de cereales soviéticas.

d. Combate Contra las Drogas: Los mismos satélites de vigilancia multiespectrales son capaces de determinar tipos diferentes de plantaciones, permitiendo identificar a las plantas de coca u otras materias primas vegetales utilizadas para producir drogas. Los

16. Bruger: Op. cit., pág. 83.

satélites de vigilancia equipados con radares son capaces de detectar buques de reducidas dimensiones, y los satélites de interceptación de comunicaciones detectar todo tipo de enlaces que puedan efectuar los traficantes de drogas.

e. Determinación de recursos Naturales: Esta es la principal aplicación de los satélites de vigilancia comerciales. Son utilizados para estudios de geología, agricultura, forestación, ecología, urbanismo, planificación de la infraestructura, etc.

f. Oceanografía: Mediante imágenes térmicas obtenidas por los satélites de vigilancia es posible efectuar un acabado estudio de las

corrientes marinas. Parte del espectro luminoso penetra las aguas hasta una profundidad de 30 mts., con lo cual es posible determinar los bajos fondos hasta esa profundidad utilizando fotografías satelitales especiales.

g. Cartografía: Las fotografías satelitales son excelentes para confeccionar cartografía, las cuales con ayuda de computadores, pue-

den llegar a convertirse en cartas digitales tridimensionales de alta precisión.¹⁷

C. Influencia de los Satélites en la Guerra Naval.

“En la actualidad la estrategia marítima clásica se encuentra trastocada por la técnica más que nunca antes en otra etapa de la historia, debido a la aparición de nuevos vectores e ingenios de amplio recubrimiento geográfico y espacial, lo cual producirá como relación causa-efecto la concepción de nuevas ideas y procedimientos estratégicos y tácticos para lograr un debido empleo del poder naval para los fines de la guerra.”¹⁷

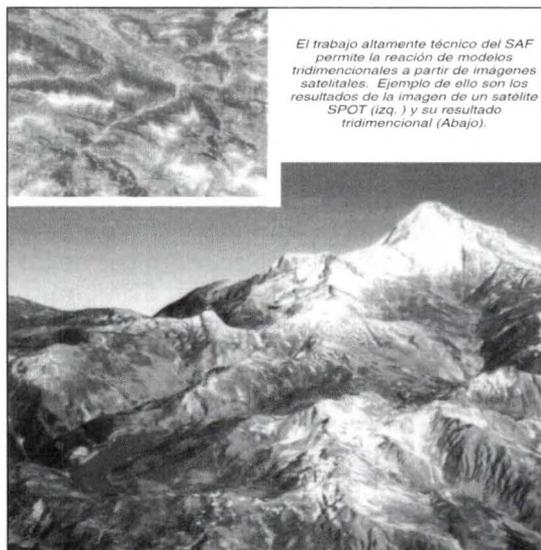
(Capitán de Navío Hernán Ferrer Fougá, Armada de Chile).

“Las ventajas de la guerra han sido para aquel contrincante que se adelanta y ataca, toda vez que el golpe rápido, potente e inesperado es decisivo, como también que en la actualidad es potencialmente sencillo montar un ataque estratégico imitación al de Pearl Harbor, al inicio mismo de las operaciones, pero sobre la base de misiles balísticos y misiles crucero de largo alcance, teniendo como objetivo no sólo atacar los principales puertos enemigos, sino que también la destrucción de las fuerzas navales enemigas amarradas a los muelles, en todas las bases navales que pueda contar el adversario”.¹⁸

(Capitán de Navío Hernán Ferrer Fougá, Armada de Chile).

En esta sección se analizará algunas de las principales implicancias de los satélites en la guerra naval.

La guerra naval actual se caracteriza por el requerimiento de obtener rápidas transferencias de información tanto entre la Flota y los Centros de Mando en tierra, como entre los buques de superficie, entre éstos y las aeronaves, y entre todos los medios mencionados y los submarinos.



El trabajo altamente técnico del SAF permite la reconstrucción de modelos tridimensionales a partir de imágenes satelitales. Ejemplo de ello son los resultados de la imagen de un satélite SPOT (izq.) y su resultado tridimensional (Abajo).

17. Hough: Op. cit., pág. 111.

18. Ferrer Fougá, Hernán, Capitán de Navío, Armada de Chile: “Vectores, Ingenios y Detección Estratégica”, Revista de Marina 5/1990, pág. 499.

Las tradicionales comunicaciones en HF no siempre permiten asegurar los enlaces debido a las dificultades en las condiciones de propagación, las cuales pueden ser extremadamente variables, ni tampoco permiten transmitir las cantidades de data requeridas por la guerra moderna. Adicionalmente, este tipo de enlace puede ser fácilmente radiolocalizado por estaciones terrestres, aéreas y navales.

Los satélites ELINT (Electronic Intelligence) norteamericanos son capaces de determinar, con la precisión de una milla náutica, la posición de un buque que emplee comunicaciones en UHF utilizando sus capacidades de traqueo pasivo.

La solución a lo anterior son las comunicaciones satelitales, las cuales trabajan en el rango de SHF cuyas frecuencias son más direccionales, difíciles de interceptar y tienen la capacidad de transferir grandes cantidades de data de alta calidad.

Existen estudios y experimentos para desarrollar a futuro las comunicaciones por rayos láser satelitales, lo cual será más discreto y permitirá, incluso, enlazarse con submarinos sumergidos, siendo éste uno de los principales problemas de comunicaciones no resueltos adecuadamente en la actualidad.¹⁹

Ya se comentó en la sección anterior la importancia general de contar con información de satélites de navegación con lo cual es posible determinar la posición geográfica con precisión. Aquí se destacará la importancia de contar con GPS de características militares, con lo cual se ha aumentado en forma substancial la precisión de los ataques de los misiles balísticos lanzados por submarinos nucleares, tales como el misil "trident". El aumento de precisión al impacto se ha logrado aumentando la precisión del punto del lanzamiento, es decir la posición geográfica del submarino portador del misil.

Las facilidades de navegación satelital de precisión también permiten efectuar el sembrado y barrido de minas con gran

exactitud.

Por otra parte los satélites facilitan la ejecución de variadas operaciones navales, por ejemplo los rendez vous, las operaciones de proyección tradicionales (bombardeo naval y ataques aéreos), la designación de los misiles de alcance transhorizonte, la exploración aeromarítima, las operaciones de búsqueda y rescate, los ataques con misiles crucero a blancos navales y terrestres, la facilidad con que las unidades actuales pueden operar dispersas manteniendo panoramas tácticos coherentes debido a que se están usando referencias geográficas comunes de gran precisión, la navegación en cercanías de costa, etc., etc.

El aumento del alcance de los misiles crucero navales sobre 450 millas náuticas, ha hecho necesario ampliar las capacidades de la exploración más allá de las capacidades que puedan mantener en forma constante medios basados en tierra o aquellos embarcados en las unidades navales. Tanto los satélites equipados con radares como aquellos dotados de sensores pasivos para detectar emisiones electromagnéticas de radares y comunicaciones, cumplen el importante papel de proveer la vigilancia táctica requerida a esas distancias. La información obtenida por estos medios es enviada a centros terrestres, los cuales las combinan con las informaciones provenientes de otros medios, y la difunden a las fuerzas navales, ahora como inteligencia evaluada, por medio de comunicaciones satelitales. La Armada norteamericana estima que en la actualidad se requiere contar con una área de vigilancia permanente alrededor de la fuerza de un radio de 2000 millas náuticas.

El empleo de radares satelitales permite determinar la posición geográfica de los blancos, su rumbo y velocidad. Dependiendo de su capacidad de discriminación de estos radares es posible prever que, en algunas circunstancias, se logre la identificación del blanco por el análisis de su forma. Mediante

19. Ferrer: Op. cit., pág. 496.

la interceptación de emisiones electromagnéticas es posible también determinar la posición de los buques en la mar por triangulación.²⁰

Los radares satelitales de apertura sintética son capaces también de determinar el estado del mar (dirección y altura de las olas), las diferentes alturas del mar por efecto de las mareas, detectar témpanos y todo otro tipo de blancos flotantes en la superficie del mar.

En la actualidad no existe la capacidad de proveer directamente a las unidades en la mar de las informaciones explicadas en el párrafo anterior, pero indudablemente las tendencias apuntan a que algún día no muy lejano los Comandantes en la mar contarán con apoyo satelital directo para detectar, identificar, traquear a las unidades enemigas y permitir la designación y guiado intermedio de los misiles de muy largo alcance que sean utilizados.²¹

Los radares satelitales pueden proveer también de alarma temprana de ataques aéreos, con lo cual se puede aumentar en forma substancial el tiempo disponible por la fuerza naval atacada para reaccionar adoptando las contramedidas tácticas del caso.²² Es posible considerar que en el futuro se introducirá al servicio en las armadas de las superpotencias misiles antiaéreos de muy largo alcance capaces de ser actualizados en vuelo y serían controlados por los mismos satélites que están proveyendo la alarma aérea temprana.

La información del zarpe e identificación de todos los buques y submarinos que se encuentran en puertos bases o fondeados en cualquier puerto será fácilmente lograda por aquellos países que posean satélites de vigilancia militares o acceso a satélites de vigilancia comerciales de una buena resolución para estos fines.

La información que pueda ser obtenida por satélites de vigilancia puede llegar a ser vital para las operaciones anfibas, al permitir

determinar con precisión el dispositivo defensivo del enemigo, las defensas fijas y móviles existentes, los puntos de aterrizaje para helicópteros, los mejores lugares para efectuar el desembarco de las tropas y de los medios anfibios, el esquema de maniobra en tierra, etc.

Los satélites meteorológicos proveen información de relevancia para el empleo de los misiles crucero que sean utilizados contra blancos terrestres, debido a que éstos son afectados en su sistema de guía por la neblina o humo.²³

En el futuro los satélites meteorológicos serán capaces de detectar los cambios de temperatura del océano ocasionado por la descarga de agua a altas temperaturas, utilizada por los submarinos nucleares para enfriar sus reactores.²⁴

D. Tendencias futuras de los Satélites de Vigilancia.

1. Tendencias Generales: Las principales tendencias generales en el desarrollo de satélites de vigilancia son las que se indican a continuación:

a. Proliferación: Considerando la importancia de los satélites de vigilancia, tanto desde el punto de vista comercial como militar, la primera y quizás la más importante tendencia al respecto es la proliferación de los satélites de todo tipo capaces de obtener informaciones desde el espacio. Se integrarán a este exclusivo club en el futuro cercano un número cada vez más creciente de otros países desarrollados y a continuación los en vías de desarrollo. No se aprecia factible el control de la tecnología espacial que impida el desarrollo de satélites o de los vehículos que los ponga en órbita por otros países.

Indudablemente que contribuirá a la proliferación de los satélites la apertura de la ex Unión Soviética, país que está ofreciendo el servicio de vehículos para colocar en órbita satélites y toda su tecnología espacial al res-

20. Hodgden, Louise: "Satellites at Sea: Space and Naval Warfare", *Naval War College Review*, jul-ago, 1984, pág. 33.

21. Hodgden: Op. cit., pág. 36.

22. Hodgden: Op. cit., pág. 36.

23. Hodgden: Op. cit., pág. 37.

24. Hodgden, Louise: "Satellites at Naval Operations", *Naval Forces*, N° 4, 1985, pág. 66.

pecto. China también está ofreciendo servicios similares.

b. Número de Sensores Satelitales: La tendencia es aumentar el número de sensores en cada satélite y a incrementar su capacidad individual. c. Capacidad de Resolución: La tendencia continua es aumentar el grado de resolución de los satélites. De una resolución de 1000 mts. en la década de los años 60 se ha pasado a una resolución comercial de 10 mts. en la presente década, y resoluciones inferiores a un metro en el caso de satélites de capacidades militares.

d. Capacidad de Procesamiento de Datos: Otra tendencia importante es que la información que provenga de los satélites será crecientemente digital, lo que permitirá su procesamiento, evaluación y almacenamiento mediante computadores.

e. Aplicación de Inteligencia Artificial: Para el análisis de imágenes satelitales se utilizará en forma creciente la inteligencia artificial entrenada para ayudar al reconocimiento de figuras en forma automática, al análisis de contornos, a la combinación de colores, a la detección de cambios y reconocimiento de ciertas características en las imágenes obtenidas de áreas específicas, etc.

2. Tendencias Tecnológicas.

Gran parte de los avances que han logrado en el campo satelital se deben a la revolución de la electrónica y computación iniciada en la década de los años 70. El futuro traerá sensores satelitales cada vez más compactos, de reducido tamaño y más sensibles, lo cual tendrá como consecuencia un aumento de la resolución de las imágenes que se obtengan por los satélites comerciales, permitiendo también que este tipo de satélites operen a mayores alturas aumentando consecuentemente su vida útil al disminuir el efecto del roce de las capas superiores de la estratosfera sobre los satélites.

En la medida que los sensores de los satélites sean más sensibles también será posible aumentar el número de bandas espectrales de análisis.

La reducción del costo y aumento simultáneo de las capacidades de los computadores tendrá un impacto directo en los satélites de vigilancia. Los sensores serán cada vez más baratos, automatizados e inteligentes, y será cada vez más fácil y de reducido costo procesar las imágenes en los centros de control en tierra. Es posible prever que a fines de la presente década los computadores personales comerciales tipo PC tendrán la capacidad de analizar las fotografías u otras imágenes obtenidas por satélites, sin mayores inconvenientes.²⁵

Por otra parte el aumento de las capacidades computacionales conducirá, ciertamente, a mejorar y facilitar todo el proceso de análisis de las imágenes obtenidas por medios satelitales.

“También se aproxima el día en que el globo terráqueo estará bajo constante vigilancia satelital. La comunidad de inteligencia norteamericana es capaz, al igual que la rusa, de cubrir ciertas áreas críticas del mundo con vigilancia satelital varias veces al día, pero el mejoramiento de los sensores permitirá aumentar la altura de los satélites de vigilancia y adoptar órbitas geosíncronas, permitiendo monitorear en forma constante una importante porción del globo con cada satélite de vigilancia. Las ventajas para la comunidad de inteligencia son obvias permitiendo monitorear, en tiempo real, los eventos de gran velocidad de ocurrencia tales como las crisis políticas o las guerras mecanizadas o aeroterrestres modernas”.²⁶

El producto final de todo lo indicado anteriormente será el apoyo directo y continuo al Comandante en el lugar de la acción, a los Mandos a nivel estratégico y al escalón político con las capacidades de vigilancia satelitales mencionadas, lo cual permitirá por primera vez en la historia correr la cortina de la escena del conflicto internacional y poder despejar lo que Clausewitz denominaba como la “neblina o bruma de la guerra”.

Esto será tan importante, que el conflicto se desplazará del eje tridimensional terrestre—naval-aéreo, al cuarto eje del conflicto: hacia el espacio extraterrestre.

☆☆☆

25. Hodgden: “Satellites and Naval Operations ...”, pág. 66.

26. Hough: Op. cit., pág. 172.