

CESEDEN

EL LASER ( I y II )

- Por Mario DE ARCANGELIS
- De la Revista italiana "ESERCITI E AR - MI", 15 Marzo-15 Abril de 1977.
- Traducido por el Capitán de O.M. del - Aire Don Marino GONZALEZ PASCUAL.

## E L L A S E R (I)

A principios de nuestro siglo, el físico croata Nicola Tesla, emigrado a los Estados Unidos, realizó en su laboratorio un transformador (que lleva su nombre) de un altísimo grado de transformación, llegando a facilitar tensiones del orden de centenares de miles de voltios. La noticia de tales experimentos dió paso a la fantasía en los ambientes militares de todo el mundo, pues hacia vislumbrar la posibilidad de realizar el "Rayo de la muerte", especie de relámpago artificial con capacidad para desintegrar escuadrillas de aviones en vuelo y regimientos de soldados en movimiento: se podía creer que se estaba a punto de conseguir la codiciada "arma absoluta" que resolvería rápidamente toda clase de guerra.

Desde entonces, el rayo de la muerte, se transformó en una idea fija en la mente de los Estados Mayores de las Grandes Potencias, que esperaban, de año en año, la realización de aquel sueño.

Por eso, cuando el 26 de febrero de 1935 los máximos exponentes del Ministerio de Defensa británico, fueron convocados cerca de una de las principales estaciones radio militares, en los alrededores de Londres, para asistir a la presentación que sobre el radar haría el físico Robert Watson Watt (descendiente del célebre James Watt, del que toma el nombre la unidad de medida de la potencia eléctrica) se notaba una cierta excitación entre los Oficiales participantes, ya que los "requisitos" planteados por el Estado Mayor de Su Majestad Británica, eran precisos y delicados: se trataba de saber si por medio del radar, era posible obtener una emisión de "rayos de la muerte", capaz de conferir, de este modo, a las Fuerzas Armadas inglesas la superioridad absoluta sobre cualquier potencial adversario.

Robert Watson Watt demostró ante aquellos altos Oficiales, la posibilidad de hacer visible sobre un tubo de rayos catódicos de Braun (que dicho sea de paso, puede ser considerado como el fundador de los modernos dispositivos electro-ópticos), las señales de radio y determinar la duración de su viaje durante la propagación en la atmósfera.

Aunque se encontraban ante un gran invento, que más tarde revolucionaría los cánones tradicionales del arte militar y mientras tanto, constituir un valioso auxiliar de la navegación marítima y aérea, aquellos Oficiales se mostraron un tanto desilusionados porque las ondas radio no habían dado lo que claramente no estaban en condiciones de dar y que ellos esperaban.

Mas, como se sabe, hay noticias, como por ejemplo - aquella de la aparición de los platillos volantes o las del monstruo de Loch Ness, que aparecen en las páginas de un gran número de publicaciones, llamando la atención del ignorante lector, así, muchos años después, precisamente en 1960, cuando los Laboratorios de Investigación de la Sociedad americana Hughes anunció el primer láser, realizado por el físico Theodore Maiman, nuevamente se volvió a hablar del "rayo de la muerte", dando lugar a que volase la fantasía de muchos periodistas.

Hasta el momento, ciertamente, el láser ha tenido variados empleos en muchos campos; sin embargo, puede decirse que uno de los primeros usos del láser lo ha sido en el campo de la medicina, concretamente en la micro-cirugía (bisturí láser) para efectuar operaciones extremadamente delicadas, como por ejemplo las de cerebro, en la oculística, para realizar operaciones de retina, en el tratamiento de algunas formas de cáncer, mediante la destrucción local de los tejidos malignos, en estomatología, en endoscopia, etc. etc.

Como para los rayos infrarrojos igualmente las aplicaciones del láser son muchas y variadas y van en continuo aumento, motivo por el que es una empresa ardua el enumerarlas aquí. Sin embargo, podemos hacer una primera distinción entre las aplicaciones civiles y militares.

Entre las civiles, podemos citar las puramente científicas y tecnológicas, como por ejemplo la espectroscopía, el microanálisis, la fotografía ultra-rápida, la microfotografía, la microsoldadura, la incisión exacta, etc. Hojeando las revistas técnicas actuales se pueden leer nuevas aplicaciones del láser, que van desde la medición exacta del viento en los túneles aerodinámicos a la determinación de la intensidad de las sacudidas de los terremotos; desde el uso de los reflectores de rayos láser para las comunicaciones a gran distancia, en sustitución de los enlaces radio, a las mediciones de alta precisión (como por ejemplo, mediciones granulométricas en cementos).

Otras tantas y numerosas e importantes son las aplicaciones del láser en el campo militar, gracias a la posibilidad

dad de concentrar potencias enormes entre un pequeñísimo ángulo y en una estrechísima banda de frecuencia.

Si consideramos que el fin perseguido por estas notas, es principalmente el de hablar de las contramedidas láser, nos parece útil decir algo sobre este prodigioso invento, sin entrar de lleno en los detalles técnicos.

Recordaremos en primer lugar que la palabra LASER, es una abreviatura de "Light Amplificación by Stimulated Emission of Radiation", o sea, amplificación luminosa mediante la emisión estimulada de radiación.

Con palabras más sencillas, diremos que el láser es un dispositivo que produce un rayo luminoso coherente, amplificado por la emisión estimulada de radiaciones: la amplificación luminosa se produce en ciertos materiales por efecto del cambio de nivel de energía de sus átomos.

Como es sabido, un cambio de nivel de energía puede tener lugar, bien espontáneamente o por estimulación exterior. Pues bien, el principio físico sobre el que se basa el láser - es, precisamente, el de la emisión estimulada, o lo que es igual una emisión de radiación a una determinada frecuencia derivada de la presencia de otra radiación de la misma frecuencia,

La posibilidad de emisión estimulada fue prevista por vía termodinámica por Einstein, en 1917, aunque por diversos motivos (entre otros la dificultad de observar al natural procesos basados en la emisión estimulada), fue necesario esperar más de 40 años para poder llegar a realizaciones prácticas.

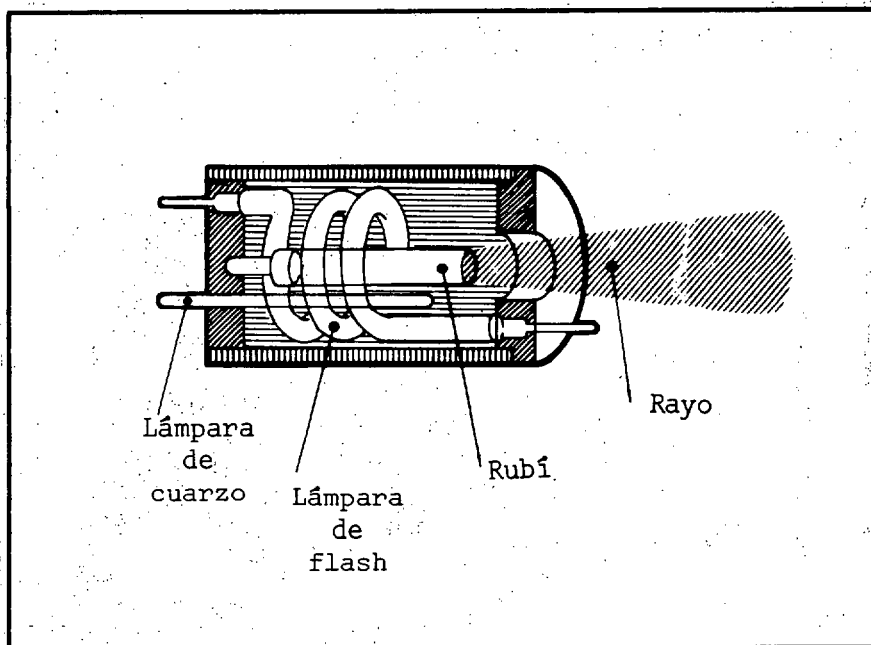


Figura 1  
Esquema de un láser de rubí.

La técnica moderna ha permitido la realización de diversos tipos de láser que varían notablemente entre ellos, por su constitución física (láser a gas en estado sólido y en estado líquido), por la longitud de onda del rayo emitido (en la región del infinito, del infrarrojo, etc.), por el nivel de potencia, etc. Sea como fuere, el funcionamiento de cualquier tipo de láser es bastante simple. En efecto, la emisión de radiación se obtiene suministrando energía (bombeo) por medios diversos (descarga eléctrica en el gas, rayos luminosos, inyección de radio frecuencias, paso de corriente, etc.), por un agente intermedio (gases especiales, rubíes, semi-conductores, etc.), alcanzando así un nivel energético más alto respecto al de origen.

Dicho agente intermedio es colocado, normalmente, en una cavidad óptica resonante, cerrada en sus extremos por dos espejos. En este interior, al retornar el agente intermedio del estado excitado al energético original, determina en su interior la emisión de la energía en forma de fotones, o sea de partículas de energía luminosa.

Estos fotones, al colisionar con otras moléculas que están igualmente en una fase de energía alta, provocan la emisión de otros fotones que, a su vez, estimulan la emisión de sucesivos fotones. Repitiendo continuamente la acción de excitación de los átomos hacia los niveles superiores de energía, se llega a una fase llamada "fase de transformación de la prueba negativa en positiva", condición necesaria para obtener aquel "beneficio" óptico del agente, que es indispensable para llegar a la amplificación luminosa que constituye la característica principal del láser.

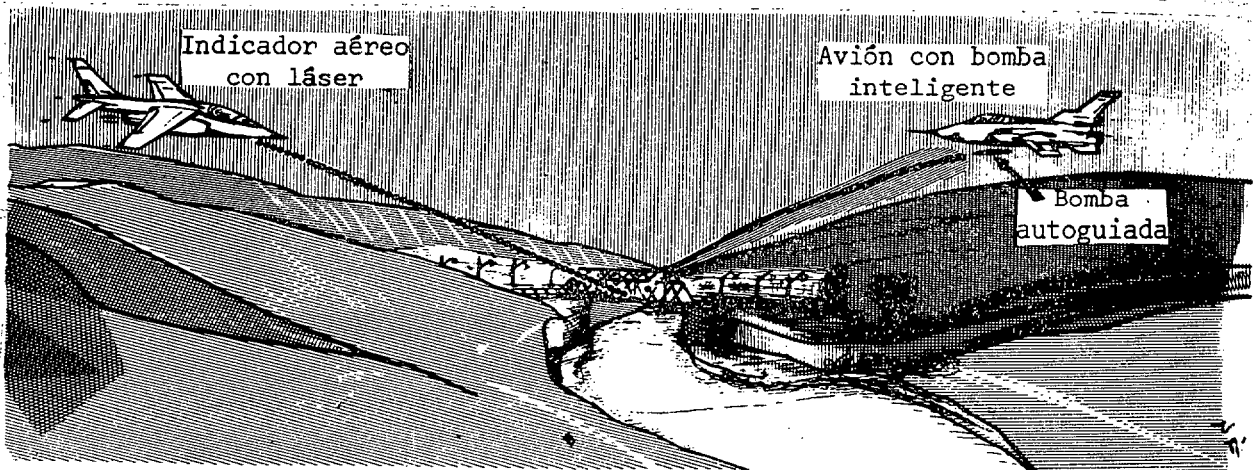
El resultado de todos estos procesos, es la formación de una cascada de fotones, idénticos en frecuencia y dirección, que se reflejan hacia adelante y hacia atrás dentro de la cavidad óptica, y crean un haz luminoso coherente, amplificado (precisamente mediante la emisión estimulada de radiación) que va aumentando hasta salir fuera de la cavidad a través de un espejo semi-transparente. En particular, las ondas luminosas que se propagan en dirección transversal salen de la cavidad y se dispersan, mientras que las que se propagan a lo largo de la directriz de la cavidad salen, en sucesión, por el espejo, dando vida al rayo láser.

A título de ejemplo, podemos ver en la Figura 1, como se realiza un láser de rubí con "bombeo" de rayos luminosos.

Este láser está constituido por una barra de rubí, recubierta por una lámpara en espiral de neón, que sirve para ex

citar el cristal por medio de rayos luminosos violentísimos. El sistema rubí-lámpara se intercala entre dos espejos reflectantes, uno de los cuales tiene una zona transparente, correspondiendo con el eje del dispositivo, siendo, precisamente, por esta zona, por donde sale el rayo láser. Este, posee algunas características peculiares como son la posibilidad de concentrar intensidades enormes, en un pequeñísimo ángulo, operar en una banda de frecuencia extremadamente estrecha y con elevadísima directividad. Esta directividad - unida a la monocromaticidad y a la coherencia de luz emitida, encuentra, en particular, una utilísima aplicación en la telemetría, especialmente para usos militares.

Como se sabe, el conocimiento de la distancia del blanco constituye una exigencia fundamental para el empleo de cualquier arma. El telémetro láser funciona de forma análoga al de un radar, en cuanto trabaja por medio de impulsos de energía que dirige sobre el blanco y mide los intervalos de tiempo entre los impulsos



*Croquis que muestra la táctica de guía de bombas inteligentes por láser.*

transmitidos y recibidos. Ahora bien, respecto al radar, el telémetro láser presenta entre otras, dos grandes ventajas:

- elevadísima precisión, gracias a la posibilidad de emitir impulsos de duración brevísima, lo que permite la increíble aproximación de  $\pm 50$  cm. sobre una distancia de 20 kms. y de  $\pm 0,01$  pc en la determinación del ángulo relativo al azimut o a la elevación;

- mayor eficacia en los ángulos bajos rasantes.

Los telémetros láser se emplean mucho en la actualidad, especialmente en los Ejércitos modernos, para la artillería y los carros de combate: existen diversos tipos, a veces de dimensiones muy reducidas (no mayores que las de unos simples anteojos corrien

tes) y utilizan generalmente, por razones de seguridad, láser funcionando en la banda del infrarrojo, empleando como materiales principales cristal "drogado" al neodimio, es decir, cristales en los que se encuentran átomos de neodimio (elemento raro en la tierra, de color amarillento).

Además de en la región del infrarrojo (próximo y lejano), los principales láser modernos operan también en la región del infinito, como por ejemplo, el láser de rubí señalado anteriormente (sobre una longitud de onda de 0,7 micron), que tiene una gran aplicación en el campo de la telemetría y la altimetría.

Otra importante aplicación del láser, es la de la dirección de los sistemas de armas de altísima precisión, comúnmente llamadas bombas "inteligentes" para distinguirlas de las tradicionales de caída libre ahora denominadas bombas "estúpidas". Se trata de bombas de aviación a las que han sido aplicadas varios mecanismos que se autodirigen sobre las radiaciones reflejadas por un blanco "iluminado" por otro láser llamado "indicador".

La táctica generalmente empleada para lanzar una bomba "inteligente" es la siguiente (ver gráfico pag. 5): dos aviones se dirigen a la zona del blanco a bombardear; uno de ellos, dotado de un láser, "ilumina" el blanco por medio de una emisión láser codificada, mientras que el otro hace descolgar la bomba que, predispuesta sobre aquel particular código, se dirige hacia la energía láser reflejada por el blanco "iluminado", llegando a hacer diana con una precisión casi absoluta.

Este nuevo tipo de bomba se experimentó en los últimos años de la guerra en Vietnam: como demostración de su precisión podemos citar el ataque al puente de Thanh Hoa situado aproximadamente a un centenar de kilómetros de Hanoi. Dicho puente debido a su condición clave, había sido atacado repetidas veces con resultado nulo por los aviones americanos; el 12 de mayo de 1972 fue destruido en un sólo ataque por una bomba dirigida por láser.

Aparte de la mayor precisión en los ataques de blancos llamados difíciles, el empleo de bombas "inteligentes" permite excluir casi totalmente la eventualidad de bombardeo por error a las tropas propias o a las zonas civiles contiguas a los objetivos militares.

Una de las más recientes aplicaciones del láser, es la llamada radar óptico, en la que la distancia se mide por un telémetro láser, mientras la dirección y la elevación del objeto vienen medidos generalmente por sistemas infrarrojos.

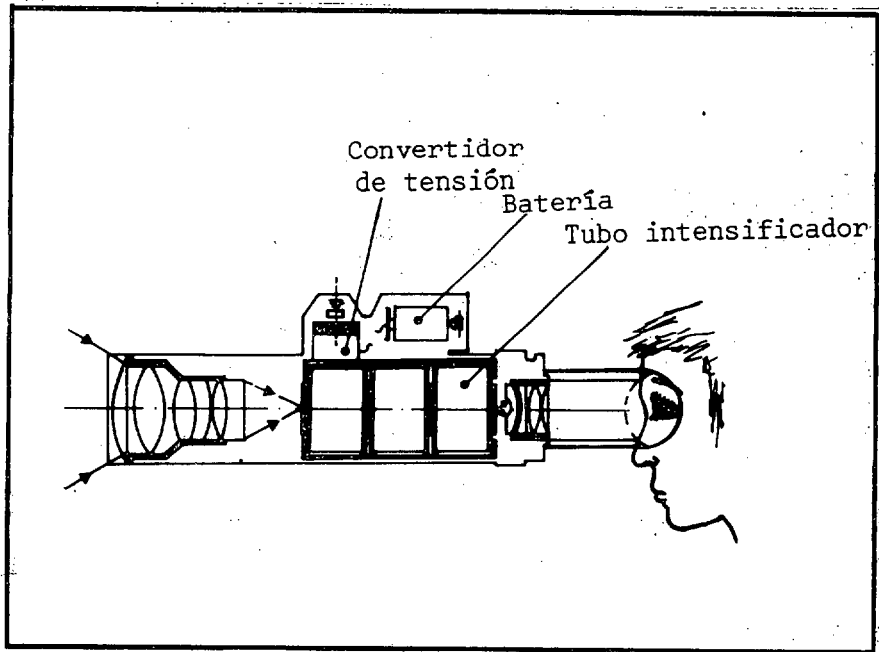
Estos nuevos telémetros y radares ópticos, se emplean, por lo general, como sistemas añadidos al radar normal, cuyas funciones de búsqueda y localización a gran distancia no son todavía reemplazables. Por tal motivo, una vez el blanco localizado por el radar, entra en función el sistema electro-óptico (telémetro láser, radar óptico, etc.) para efectuar más eficazmente la persecución (trackings) final del blanco mismo, en virtud tanto de la mayor precisión como de la inmunidad ante las contramedidas electrónicas.

#### TELEVISION A BAJO NIVEL LUMINOSO

En otro tiempo, cuando una persona quería ver en la oscuridad encendía, por lo general, un quinqué, una tea, un reflector, etc.; en la actualidad ya no es así, el menos por lo que se refiere a las operaciones militares. Como se sabe, una exigencia casi primordial en dichas operaciones es la de obtener en el momento preciso toda la información posible sobre los objetivos a atacar, y, si ello es posible, verlos: por eso no debe extrañarnos que en los tiempos antiguos, cualquier recurso ofrecido por la técnica fuese utilizado para la consecución de un fin tan importante.

El radar, nos advierte de la presencia de un objeto, pero no nos dice con exactitud su composición. Hemos visto anteriormente que ya es posible con rayos infrarrojos conocer la naturaleza del blanco, incluso en la más completa oscuridad. Hoy día, con las modernas técnicas de visión nocturna, casi se ha conseguido ver de noche como si fuera de día.

Nos referimos al empleo de los tubos amplificadores de imagen, y a la televisión a bajo nivel luminoso.



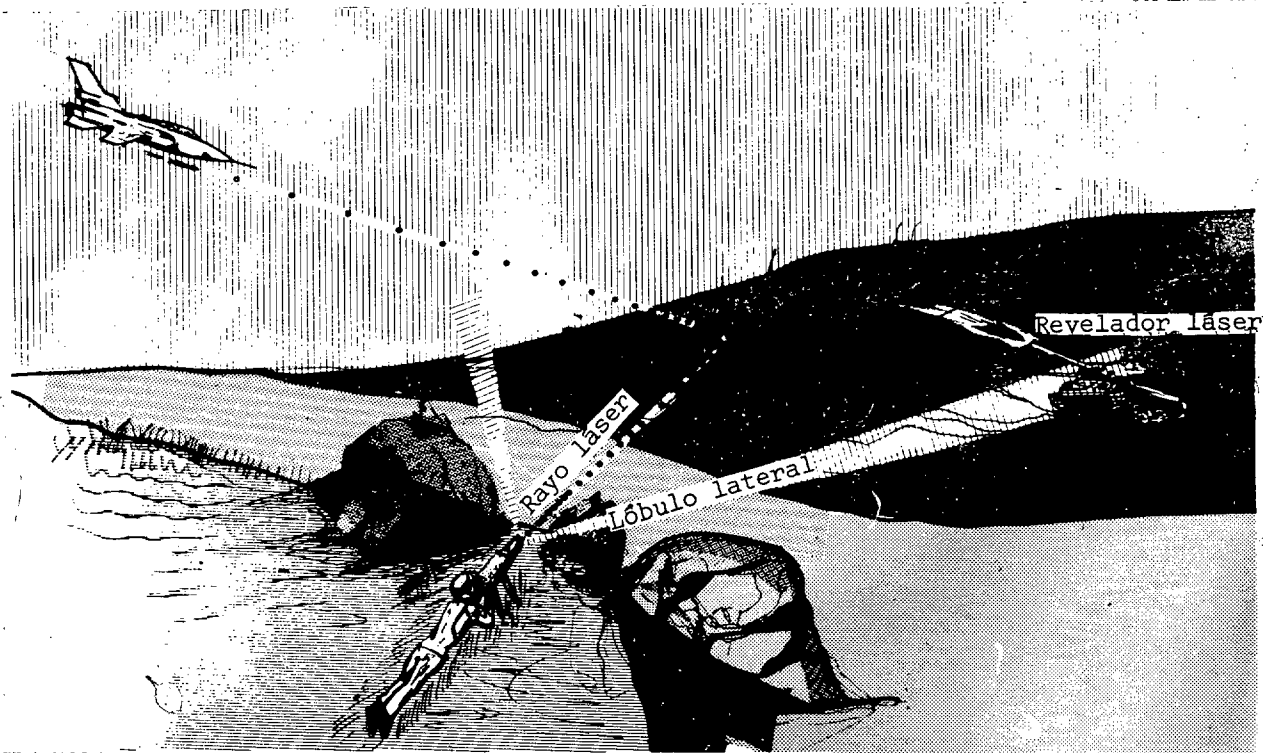
Esquema de anteojo para visión nocturnas, equipado con tres intensificadores de imágenes.



Un tubo amplificador de imagen permite ver en condiciones de luminosidad extremadamente reducidas y sin que la escena sea iluminada por un caudal de radiación auxiliar, como ocurre, por ejemplo, con los tubos convertidores de imagen funcionando con rayos infrarrojos. El amplificador luminoso aumenta la luminosidad de las escenas observadas, por medio de un tubo hueco que comprende un objetivo que recibe la luz reflejada por la escena a recoger.

A la salida del objetivo se forma una imagen sobre el fotocátodo del tubo convirtiendo los fotones en electrones. Los electrones emitidos son acelerados y focalizados sobre la pantalla fluorescente produciendo una imagen, cuya luminosidad es mucho mayor que la de la imagen formada en el fotocátodo. La imagen así ampliada puede observarse a través de unos lentes de aumento.

Dado que en las grandes y medias distancias no es posible con una sola fase de ampliación, alcanzar un satisfactorio ni-



Este esquema muestra como un carro equipado con un detector láser puede descubrir la presencia de armas guiadas por laser. El nivel de visibilidad, esta se realiza generalmente, en cascada de tres o más fases sucesivas.

Con sistemas de este tipo, es posible, por ejemplo, ver de noche la lumbre de un cigarrillo a más de dos kilómetros de distancia.

La medida en que un sistema de visión nocturna de amplificación de imagen permite mejorar la percepción visual de un acontecimiento que se desarrolla en condiciones de bajo nivel luminoso depende, como se sabe, además de las características fotométricas del ambiente, de las condiciones electro-ópticas de los equipos empleados y del ojo humano.

Entre las características más importantes del ambiente, pueden citarse, la luminosidad de los objetos observados y su contraste con el fondo.

Para dar una idea cuantitativa del fenómeno de la visión nocturna, tomemos como nivel base de luminosidad el de un observador entrenado, cuyo ojo, adaptado a la oscuridad absoluta (adaptación que se consigue solamente después de 30 minutos aproximadamente de oscuridad total) consigue distinguir de noche sólo los objetos de gran contraste.

Triplicando su magnitud, se puede alcanzar un nivel luminoso comparable al de luna llena: la visión se mejora muchísimo y se puede conseguir leer los títulos de un periódico. Aumentando un nuevo grado de intensidad luminosa, se puede conseguir una iluminación casi buena, aunque muy distante de la habitual en casa.

\* \* \*

## E L L A S E R (y II)

Un ulterior paso adelante en la posibilidad de visión nocturna, ha sido conseguido al acoplar a los tubos amplificadores de imagen, un aparato televisivo, realizando así los sistemas de TV a bajo nivel luminoso o Low Level Light TV (LLLTV)

Tal acoplamiento ofrece la gran ventaja de multiplicar casi por seis veces el grado de luminosidad existente y separar el órgano receptor de imagen de aquel de presentación, evitando de esta forma, la necesidad de adaptación a la oscuridad por parte del observador.

En resumen, con un sistema televisivo a bajo nivel luminoso se puede conseguir en la actualidad que el débil resplandor emitido por las estrellas se intensifique hasta el punto de permitir, de noche, una visión del ambiente en tierra, como si fuese de día, o casi de día.

La televisión a bajo nivel luminoso encuentra su más consecuente aplicación en los aviones, ya que asociada a sistemas infrarrojos está en condiciones de facilitar al piloto todo aquello que necesita saber de noche, tanto en la fase de despegue y aterrizaje, como para navegar y operar tácticamente sin visibilidad.

La asociación de los sistemas IR a la televisión, ha sido efectuada, no para tener un duplicado sino para integrar la cooperación de los dos sistemas entre sí, es decir, la posibilidad de penetración de los rayos infrarrojos a través de la neblina y la atmósfera contaminada y la de que la TV no se ve afectada por la humedad y los distintos fenómenos de dispersión y absorción.

Ya se ha señalado que lo que ha permitido llegar a las sorprendentes realizaciones del sistema de TV a bajo nivel luminoso, hay que atribuirlo también al empleo de las nuevas tecnologías, como por ejemplo, a la de los microcanales y la de las fibras ópticas para la conexión de una fase con la sucesiva de los amplificadores de imagen.

Los sistemas de televisión a bajo nivel luminoso tienen en la actualidad toda una amplia gama de aplicaciones en los buques, especialmente en ambiente denso, desde el punto de vista CME, para la identificación del blanco, evaluación de los daños causados al adversario después de un ataque aeronaval, así como una gran ayuda para la navegación nocturna.

Esta nueva técnica televisiva ha hecho factible la guía de armas (misiles, bombas, etc.) con una precisión que hasta hace pocos años era francamente inconcebible.

Esquemáticamente, un moderno sistema de guía de armas funciona de la manera siguiente:

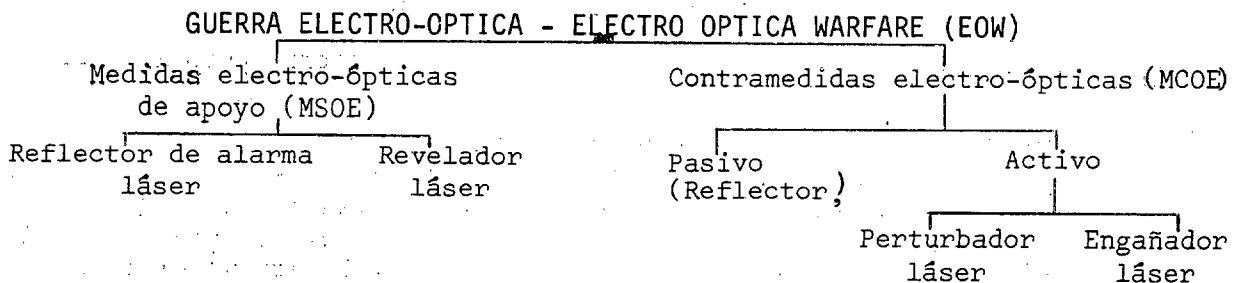
Una telecámara a bajo nivel luminoso, permite al operador identificar el objetivo, ayudado por "zoom" especiales que permiten distinguir desde algunos miles de metros de cota, hasta las personas. Apenas señalado el blanco, el equipo le envía un rayo láser que viene reflejado por el blanco mismo. Inmediatamente se desengancha la bomba que se dirige automáticamente sobre el blanco identificado y sólo, sobre aquél.

La artillería tradicional, también se ha beneficiado de las nuevas invenciones electro-ópticas, siendo posible en la actualidad, corregir la trayectoria de un cañonazo mientras está en el aire.

### CONTRAMEDIDAS ELECTRO-OPTICAS

Por lo que respecta al láser y a la TV a bajo nivel luminoso, desde que su empleo comenzó a difundirse, se han estudiado y realizado las relativas contramedidas.

Para el láser, al menos teóricamente, las cosas son más simples, sobre todo por el hecho de que éste emite con un radar, siendo posible, por analogía, alcanzar las distintas formas de contraste y hacer la siguiente subdivisión de la materia:



Dada su extrema directividad, un rayo láser es difícilmente interceptable. Ahora bien, como hemos visto en la descripción del mismo, además del rayo principal expulsa también una parte de energía luminosa que se dispersa en forma de numerosos pequeños lóbulos laterales. Precisamente, son estos lóbulos laterales los que pueden ser interceptados y descubiertos con mayor facilidad.

Otro importante problema, análogo en muchos aspectos al anteriormente indicado es, la consecución de aparatos de interceptación capaces de alertar a los Comandantes de buque, avión o carro de combate, de haber sido "iluminados" por un láser o "señalados" por sistemas de armas guiados por láser.

En la breve descripción que hemos hecho del láser, se ha visto la existencia de un tipo de láser disponiendo de un alimentador excitador: pues bien, por este hecho, el láser puede ser interceptado a una cierta distancia mediante las bien conocidas técnicas pasivas de microondas, aprovechando precisamente, lòs impulsos emitidos por los citados dispositivos de microondas.

Por lo que concierne a las contramedidas activas, se puede observar, en primer lugar, que en el empleo de los láser la elección de la frecuencia operativa es mucho más limitada respecto al campo de la radiofrecuencia. Este hecho, hace más fácil la tarea de los aparatos de interceptación electro-ópticos (EOSM) que operan esencialmente como el ESM, ya que interceptan el cortejo de impulsos láser y determinan la extensión de los mismos impulsos (PW) y su cadencia de repetición (PRF). Una vez conocidos estos parámetros puede pasarse a la activación de las contramedidas láser.

Para la perturbación la forma más indicada es la del perturbador de barrera, a causa de la extrema directividad de la emisión a perturbar.

No obstante, se ha observado que es muy difícil perturbar, por ejemplo, un telémetro láser, ya que éste no tiene una cadencia de impulsos (PRF) fija, y necesita un sólo impulso para determinar la distancia del blanco.

Una actividad en la que el perturbador láser ha encontrado un eficaz empleo, es la perturbar los sensores al in-frarrojo de los satélites artificiales.

Como es notorio, Estados Unidos y Rusia tienen en órbita desde hace tiempo satélites artificiales, cuya emisión es la de señalar, entre otras cosas, los lanzamientos de misiles balísticos intercontinentales (ICBM) adversarios, con objeto de disponer de un tiempo de pre-alarma.

No es tan notorio, quizás, el hecho de que por ambas partes se viene realizando una recíproca acción de perturbación por medio de láser, que dañan gravemente los sensores IR de los satélites, disminuyendo su capacidad para señalar los lanzamientos y que llega hasta el punto de producir orificios en el satélite mismo, provocando la dispersión o simplemente el derribo.

De este hecho apenas se habla en la actualidad, pero puede preverse que esta silenciosa guerra en el espacio tendrá en el futuro un notable desarrollo.

Para el engaño láser, existen varias formas, ya se trate de contrarrestar un láser empleando para señalar un blanco o de un telémetro láser. En el primer caso, se hace uso de otro láser operando con las mismas características del láser interceptado aunque de potencia mucho mayor, cuyo rayo se dirige sobre un punto cualquiera que se encuentre a una distancia segura del objetivo que se quiere proteger. De esta manera, el "buscador láser" coordinado con la bomba o misil, en vez de dirigirse sobre el blanco verdadero se deja engañar por el láser más potente cambiando de rumbo totalmente para ir a caer en una zona donde no puede ocasionar ningún daño.

Para engañar a un telémetro láser, se usan técnicas casi análogas a las empleadas en los engañadores repetidores, puesto que se trata de influir en la duración de los intervalos entre los impulsos transmitidos por el telémetro láser, de modo que la distancia medida resulte errónea.

El problema más difícil a resolver es el de poner el repetidor láser en condiciones de recibir y determinar la cadencia de los impulsos láser recibidos, sobre todo a causa de la citada directividad de este dispositivo.

Existe también, por otra parte, la posibilidad de contrarrestar pasivamente un láser (contramedidas pasivas) empleando revestimientos con sistema anti-láser o atenuando la emisión de un láser mediante el uso de aditivos químicos u otras sustancias especiales que no absorban o dispersen la energía.

El problema de las contramedidas electro-ópticas se complica ulteriormente cuando se quiere contrarrestar el uso de la televisión a bajo nivel luminoso y de los sistemas ópticos entre los que se encuentra el ojo humano.

Entretanto, para los amplificadores de imagen y para la TV a bajo nivel luminoso es necesario precisar que éstos son por si mismo interceptadores y apoyos electroópticos (EOSM)

en cuanto -a similitud de los ordinarios aparatos ESM- son completamente pasivos, es decir, funcionan sin ninguna emisión de energía y ofrecen una notable ventaja de alcance respecto a los medios de descubierta adversarios, toda vez que permiten verlo cuando éste en verdad no está en condiciones de ver (al menos ópticamente).

Por todo ello, en el campo de lo infinito, tienen valor, sobre todo, las contramedidas y las contra-contramedidas (electro-ópticas, se entiende).

Como es habitual, podemos subdividir también las contramedidas electro-ópticas en pasivas y activas.

Entre las primeras (es decir, las contramedidas electro-ópticas pasivas) podemos señalar dos antiguos y tradicionales procedimientos, concretamente, el de enmascaramiento y el de ocultación, mediante cortinas generadoras de humo, que han vuelto a recobrar su primitiva validez. Como es natural, el progreso técnico de estos últimos años ha hecho posible registrar un notable aumento de la eficacia de tales sistemas como, por ejemplo, para el humo, que en la actualidad tiene posibilidades sorprendentes; éste puede ser dirigido constantemente hacia la telecámara (humo en "sentido único"), no verse afectado por el viento (humo pesado), etc. Entre las contramedidas electro-ópticas pasivas podemos citar también el "Chaff" (dipolo receptor óptico) con una función similar a la de las tiritas de estaño empleadas en la II Guerra Mundial para reflejar las ondas radar; en la actualidad puede ser lanzado desde un avión o un buque atacante con la finalidad de reflejar la luz y engañar a la telecámara de un sistema de búsqueda electro-óptico adversario.

Entre las contramedidas activas, la más interesante es la que consiste en enviar a una telecámara de bajo nivel luminoso adversaria una cantidad de energía luminosa igual a la del ambiente cercano, con objeto de eliminar la proporción de luz existente entre el blanco y el fondo.

Por ejemplo, si de noche un buque se da cuenta de estar encuadrado por una TV a bajo nivel luminoso, no tiene que hacer otra cosa sino medir la cantidad de energía luminosa del ambiente que le rodea, producir una cantidad de energía luminosa igual a la medida y enviarla, por medio de lentes, espejos u otros sistemas ópticos hacia la telecámara enemiga.

Por consecuencia, ésta ya no vuelve a conseguir el distinguir el blanco del ambiente que le rodea y pierde toda eficacia como medio de localización. Una alusión merecen también las

contramedidas por lo que respecta al ojo humano, que en los recientes conflictos en el Medio y Extremo Oriente han demostrado ser todavía uno de los más eficaces sistemas de puntería.

En esta línea, se han estudiado también numerosos tipos de contramedidas, entre las que podemos citar la que explota el fenómeno de la reberveración, para reenviar hacia el ojo, una cantidad de energía luminosa (focalizada mediante los mismos lentes de que se sirve el ojo para dirigir la puntería) como para disminuir la capacidad visual del ojo mismo y confundirlo y engañarlo respecto a la posición del blanco -como se suele decir- para hacerle ver efectivamente... gato por liebre.

Existe también la posibilidad de dirigir un rayo láser hacia el ojo que está apuntando un arma, de tal manera que aprovechando las lentes detrás de las que se encuentre el ojo, se puede directamente dañar la retina del malaventurado adversario.

## CONCLUSION

La panorámica sobre el infrarrojo, el láser, la televisión a bajo nivel luminoso, etc, tiene por objeto principal llamar la atención sobre los nuevos aspectos de la amenaza y las posibilidades de contrarrestarla mediante las contramedidas más apropiadas.

Se trata, como puede comprenderse fácilmente de un problema amplísimo que implica innumerables aspectos técnicos y operativos. Los argumentos aquí examinados, representan únicamente una pequeña parte de la problemática que se refiere en particular a las contramedidas infrarrojo y electro-ópticas. Existen, en realidad, otros muchos problemas, como son por ejemplo, los relativos a las técnicas creogénicas, evaporación del calor, filtros IR, enmascaramiento, reducción de las falsas alarmas, etc, que están estrechamente ligadas a las realizaciones de los sistemas y de las contramedidas de que se tratan. En suma, nos encontramos frente a un campo de investigación amplísimo, a veces desconcertante y, de cualquier modo, susceptible de los más interesantes e imprevisibles desarrollos; pero sobre todo, es un campo en el que existen todavía muchas cosas por descubrir y realizar, ya que mientras en el sector de las radiofrecuencias las contramedidas electrónicas, han llegado casi a dominar al radar, en el del infrarrojo y de la electro-óptica, por el contrario, las relativas contramedidas están lejos de alcanzar tal nivel.

Por lo tanto, para los que deseen dedicarse al estudio y a la investigación, para los que tienen espíritu creativo



y voluntad de progresar, la materia que hemos tratado habrá sido de su agrado; no obstante, es necesario también un espíritu de sacrificio ya que es un tema, como se ha dicho, amplio y complejo, por lo que una idea original y resolutiva no podrá jamás realizarse si no está sostenida por un profundo conocimiento de toda la problemática relativa al infrarrojo y a la electro-óptica en general.

- - -