# APLICACIONES NAVALES DEL LASER

William F. Wood Chettle Teniente 1º IN

Initium sapientae timor Domino. Prov. 1:7

#### SINOPSIS

I presente artículo está orientado a mostrar el estado de desarrollo actual de los diversos sistemas en que se está usando el laser, desde sistemas de comunicaciones hasta sistemas de armas.

En su desarrollo se compendia las aplicaciones actuales en el ámbito de la defensa, específicamente las de uso naval, para finalizar con una pequeña visión futurista del desarrollo de esta nueva tecnología.

## INTRODUCCION

El laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) es un dispositivo que produce una luz de mayor intensidad que la natural, por medio de la emisión estimulada de la radiación. Esto es, se amplifica la luz que producen ciertos materiales, dentro de una cavidad resonante.

Esta luz es monocromática, de una sola longitud de onda, coherente (mísma fase y amplitud) y colimada (los rayos van paralelos y en la misma dirección).

El laser se presta para una gran diversidad de aplicaciones, según su largo de onda y su energía. Los laser han sido desarrollados para aplicaciones diversas, yendo desde sistemas de referencia hasta sistemas de armas; sin embargo, se considera que está en una etapa embrionaria de desarrollo y que tendrá una trayectoria similar a la que ha tenido la informática en los últimos veinte años (Refer. 1, 3).

Nacido de la revolución electrónica, el laser está comenzando a ser utilizado en industrias mecánicas, eléctricas, electrónicas y de defensa. A futuro se estará utilizando en todas las áreas de la ingeniería, como una herramienta indispensable.

#### APLICACIONES NAVALES

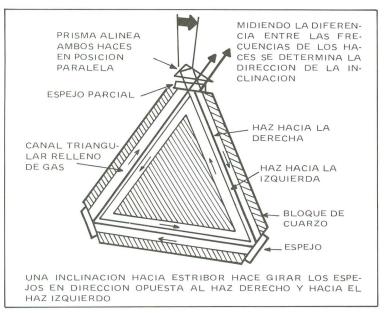
Esta sección tiene como objeto explicar en forma breve y general los diferentes laser que existen actualmente en aplicaciones navales.

#### Sistemas de referencia

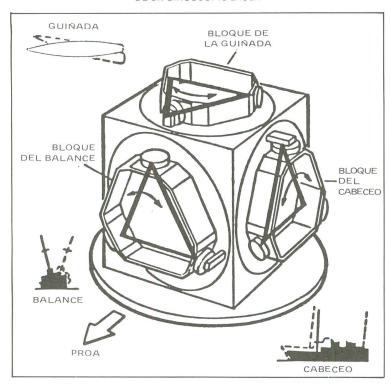
Giroscopio laser

El giroscopio laser (Refer. 2, 9, 10, 11, 18) se basa en el Efecto Sagnac (Refer. 2). Consiste en tres interferómetros que miden la velocidad angular de los distintos planos en movimiento. Al contrario del giroscopio tradicional, que mantiene la misma dirección debido a que "siente" la velocidad angular, el giroscopio laser la "mide", siendo la variación desde el eje o norte registrado por un microprocesador. Al igual que el giroscopio tradicional, el giroscopio laser tiene su norte asignado. El eje paralelo a la rotación de la Tierra lo obtiene midiendo la velocidad angular de ésta por medio de los tres interferómetros con que cuenta.

La mayor ventaja de este tipo de giroscopio, sobre el convencional, es que por no tener



PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN INTERFEROMETRO DE UN GIROSCOPIO LASER



GIROSCOPIO LASER DE ANILLO DE TRES ESPEJOS

partes móviles tiene una mayor confiabilidad. Entre otras ventajas está el encendido rápido, lo que le permite que en un lapso no mayor de 3 minutos quede operativo; tiene un rango dinámico mayor, lo que permite transmitir señales más exactas y rápidas a los sistemas electrónicos; una mejor capacidad para soportar aceleraciones de gravedad y medios ambientes hostiles. En Estados Unidos, el primer giroscopio laser completó 60 mil horas de funcionamiento antes de la primera falla; en el Reino Unido, el giróscopo laser lleva 30 mil horas sin fallas.

Existen cuatro tipos básicos de diseños de giroscopios laser: el giroscopio laser de anillo de cuatro espejos, de tres espejos, el giroscopio de espejos compartidos y el de fibra óptica. El más desarrollado es el tipo RLG (Ring Laser Gyro = Giro laser de anillo), y dentro de éstos el de tres espejos o triangular, debido a su bajo costo de construcción.

El giroscopio laser normalmente va integrado a un sistema inercial, que consiste en un microprocesador que analiza las señales del giróscopo y entrega los siguientes datos de manera automática:

- Movimientos de balanceo, cabeceo y altura;
- Rumbo;
- Latitud v longitud:
- Aceleración:
- Velocidad

El nuevo sistema Sperry Mk-18 Mod. 11 ya ha sido instalado en el uss *Vanguard*. La British Aerospace instalará el modelo sLINS-300 en 1989, en buques de la armada holandesa, y a partir de 1990 en los buques británicos; consiste en un sistema inercial como el descrito anteriormente.

#### Telemetros laser

Estos equipos (Refer. 1, 6, 19) contienen normalmente medios activos sólidos (el más común es el ND:YAG, cuya longitud de onda está en la banda infrarroja. Consiste en un equipo que envía un pulso de haz de luz, que al ser reflejado en un blanco es recepcionado y procesado por el mismo equipo, entregando la distancia en un visor. Estos artefactos pueden ser fijos o portátiles.

La ventaja de estos equipos, sobre los convencionales, está en su facilidad de manejo y transporte, rapidez de uso y precisión de la distancia entregada (± 5 metros de error en 10 kilómetros, siendo mucho más preciso que el radar ya que es posible elegir los diferentes blancos a medir, gracias a la direccionalidad del haz. Como un ejemplo de precisión se puede mencionar que la distancia a la Luna ha sido medida por laser con una precisión de sólo 150 metros de error. La distancia máxima efectiva de un laser está limitada solamente por la curvatura de la Tierra y las condiciones atmosféricas.

Los equipos que trabajan en infrarrojo cercano tienen la desventaja de presentar una

atenuación de la onda del haz de luz cuando hay neblinas muy cerradas. En la práctica, el laser tiene una distancia efectiva de 1,5 veces de la que observa el ojo humano en condiciones atmosféricas malas. Sin embargo, existen "ventanas" para ciertas longitudes de onda, que permiten un alcance mucho mayor en estas condiciones adversas.

# Telemetros traqueadores

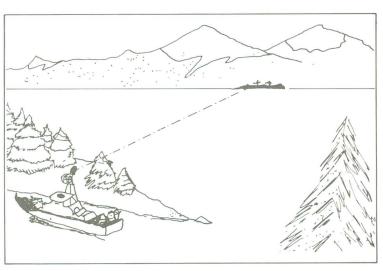
Los traqueadores laser contienen un medio activo que produce un haz de mayor potencia; normalmente son de ND: YAG para la banda infrarroja cercana y de co para la longitud de onda que se encuentra en la banda infrarroja lejana. La divergencia del haz también es mayor, de manera de poder abarcar todo el blanco y permitir el traqueo continuo.

A diferencia del radar de un director de control de fuego, el traqueador laser no presenta problemas de interferencia por rebote (backclutter) cuando se traquean blancos de vuelo rasante. El traqueador laser es más preciso para medir distancias y más uniforme en el traqueo. Su distancia máxima actual es de unas 18 millas.

Los telémetros de los bugues se utilizan al mismo tiempo como radares laser (traqueadores) y como designadores para el guiado de misiles con cabeza infrarroja. Esto es debido a que el equipo que envía el haz tiene distintos sensores que captan el rebote para cada aplicación. Actualmente, la tecnología laser no ha producido un traqueador o radar laser que desplace totalmente a los radares de microondas convencionales, debido más que nada a la atenuación atmosférica que sufre el haz con altos índices de humedad. Cuando de logre mejorar esta deficiencia será, sin duda, un complemento que ayudará a mejorar la capacidad de un sistema de control de fuego con radar contra blancos rasantes.

# Guiado de misiles y bombas

Es posible hacer el guiado de misiles y bombas por medio de designadores laséricos (Refer. 1, 6, 7, 19). Estos son equipos que



DESIGNADOR LASERICO NAVAL

envían un haz sobre el blanco que se quiere batir. El blanco iluminado difunde el haz, siendo captado por sensores de infrarrojo ubicados en misiles o bombas.

Estos equipos pueden estar instalados en la plataforma que tienen las armas o pueden estar en forma independiente y portátil.

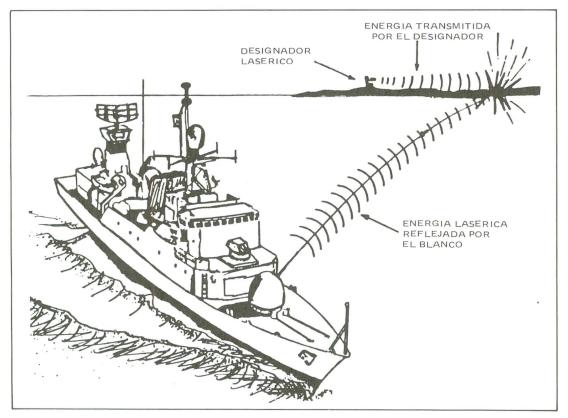
La distancia máxima entre un medio de designación terrestre y el blanco es actualmente, para este sistema, de 5 kilómetros para que sea realmente efectivo. Esto es debido a que actualmente no se ha desarrollado un laser de mayor potencia para este efecto. Las bombas o misiles son lanzados desde un avión o desde la retaguardia por medio de morteros o plataformas de lanzamiento. Su precisión es excelente, dando en blanco sin error desde la distancia máxima de lanzamiento, esto es, 26 kilómetros desde una plataforma naval o terrestre y 10 kilómetros desde una plataforma aérea.

Esta distancia actual de lanzamiento presenta muchas ventajas en alta mar y en zonas de aguas restringidas, como canales, ya que involucra sorpresa y dificultad en la detección del atacante.

# Sistemas de comunicaciones

El haz de luz laser puede ser modulado en frecuencia, amplitud y fase, o por medio de formatos de polarización en forma análoga o digital, y puede ser transmitido a través de fibra óptica o en forma directa. El gran ancho de banda que tiene la radiación laser permite efectuar 10<sup>7</sup> conversaciones simultáneas en forma discreta (Refer. 24). El avance tecnológico impone nuevos requerimientos a las comunicaciones, entre los cuales los más importantes son los siguientes:

• Calidad de la información. Con el advenimiento de los circuitos integrados en



PROYECTIL NAVAL GUIADO POR LASER

gran escala (VLSI), la computación ha logrado un enorme avance en la cantidad de información que puede procesar, basada en computaciones masivas más rápidas y complejas y que superan la tecnología del simple cableado eléctrico, debido al gran número de intercomunicaciones que se necesitarán en el futuro. El flujo masivo de información impone el requerimiento adicional de que ésta sea fidedigna.

- Protección de la información. Si la información ha de ser de alta calidad, debe también estar protegida de posibles amenazas, tales como:
- Condiciones ambientales. No es posible concebir sistemas complejos que puedan estar afectos a desperfectos en las comunicaciones por problemas de daños en la aislación o por humedad.
- Interferencia electromagnética. Recientemente se ha investigado este tema ante la amenaza del pulso electromagnético de una explosión nuclear (NEMP), el que puede ser usado para eliminar las comunicaciones del adversario y todos sus sistemas de C<sup>3</sup>I.

# Transmisión por fibra óptica

Los requerimientos antes indicados apuntan al reemplazo del conductor tradicional por la fibra óptica con luz laser (Refer. 24, 28). Esta nueva tecnología ofrece ventajas considerables en todos los aspectos ya mencionados, por su gran capacidad de transmisiones simultáneas de información, su inmunidad a la interferencia electromagnética y su excelente comportamiento en ambientes hostiles. El costo comparativo se hace más favorable entre más complejo y mayor sea el volumen de la información transmitida. La fibra óptica es capaz de enviar mil millones de bits de información por segundo, y se está desarrollando una fibra óptica capaz de transmitir tres veces más que lo anterior.

En la actualidad se ha instalado en los nuevos buques de guerra europeos y de Estados Unidos (fragatas tipo 23, cruceros tipo Aegis), equipos electrónicos con fibra óptica para la transmisión de datos.

Esta tecnología se irá incorporando paulatinamente en nuestra armada, a medida que vayan llegando nuevos equipos electrónicos a nuestro país.

#### Transmisión directa

Adicional a los requerimientos planteados

para las comunicaciones en general, la transmisión directa (Refer. 24) tiene el problema de la seguridad ante la interceptación.

Se estima que el uso de un haz de luz laser dirigido a un receptor puede evitar los problemas antes mencionados, habida cuenta de las limitaciones que tendría este sistema de comunicaciones para distancias transhorizonte y malas condiciones atmosféricas.

Se ha probado con éxito enviar una señal digital por medio de un haz de laser a un avión desde tierra, y se han efectuado comunicaciones directas entre buques a nivel de horizonte para que los comandantes puedan comunicarse sin restricciones. Este tipo de comunicaciones es casi imposible de ser interceptado, y el uso previsible de este desarrollo es el enlace de datos de las cic y aeronaves de la Fuerza Organizada, con alto grado de discreción. Esta tecnología todavía se encuentra en los Estados Unidos en la fase de investigación y desarrollo, debido a la alta dependencia que tiene de las condiciones atmosféricas.

# Comunicaciones con submarinos

Los Estados Unidos está desarrollando un nuevo sistema para comunicarse con submarinos sumergidos desde satélites o aviones (Refer. 13, 27), basado en el hecho de que en la banda azul-verde (460 nm a 500 nm) la luz tiene una atenuación en el agua de 60 a 80 dB menos que en el resto de las frecuencias.

Esto hace posible comunicarse con submarinos mediante un laser que produzca un haz en la longitud de onda anteriormente mencionada. Los planes de Estados Unidos son de instalar transmisores en satélites durante los próximos años, para mejorar su sistema de comunicaciones con los submarinos estratégicos.

## Sistemas de armas

Armas laser

El arma láser (Refer. 3, 17, 19) fue probada con éxito en los Estados Unidos en el año 1976, cuando fue derribado un misil "drone" con un laser instalado en un tanque. Desde entonces se ha seguido investigando con miras a instalar un laser en el espacio orbital, para destruir misiles intercontinentales en el marco del desarrollo de la SDI (Iniciativa de Defensa Estratégica).

Básicamente, estos sistemas se dividen en dos tipos: los que destruyen por golpe de



TELEMETRO DESIGNADOR DE BLANCOS LASER. TIPO 306

energía y los de la banda de rayos X que atraviesan el blindaje y destruyen los circuitos electrónicos del blanco. La soi pretende usar armas en la banda de los rayos X para anular a los misiles intercontinentales, mientras que en Alemania occidental se está desarrollando un laser que emita un pulso de gran potencia (1 MW), para la defensa contra aeronaves y misiles que vuelen a baja altura, que será instalado en un carro de combate *Leopard 2*. (Refer. 25).

## Sistemas de entrenamiento

Simuladores de combate

Significa hacer simulaciones de combates mediante un rayo laser de baja potencia instalado en pistolas, rifles y tanques, equipando con detectores de haz de laser a los soldados u otros blancos (Refer. 1, 6, 19). De esta manera se obtiene un simulacro más real, ya que los disparos efectuados por un laser son captados por el detector al ser impactados. Estas señales van a un computador, donde se procesa los resultados para poder visualizar en una forma más real las bajas que se producirían en un combate.

Este concepto ha sido desarrollado en Estados Unidos y Europa y su resultado ha sido muy bueno; está siendo usado en la mayoría de las Fuerzas Armadas de los países desarrollados

Laser para la educación

El mercado cuenta actualmente con muchos tipos de laser para la enseñanza de la técnica del laser; éstos son de He-Ne (helioneón), de baja potencia y fáciles de armar. Son adquiridos por colegios y universidades para laboratorios, con el propósito de lograr una buena comprensión de los fenómenos físicos de la luz.

# Contramedidas

Contramedidas para interferir el haz no existen actualmente y es difícil que se desarrollen a corto plazo, debido a que para cada frecuencia se necesitaría un laser distinto, con el consiguiente encarecimiento del sistema. Lo que sí existe son alarmas detectoras de iluminación de laser que permiten al blanco iluminado saber con antelación el peligro que acecha, de manera de poder efectuar las maniobras evasivas pertinentes. (Refer. 6, 19).

Alarmas detectoras de laser

Existen actualmente dos tipos:

- El que discrimina por frecuencia e intervalo de pulso del haz de laser, y
- El que discrimina por coherencia.

El más utilizado es el discriminador de coherencia, y para su efecto utiliza un interferómetro.

Estos detectores entregan la siguiente información:

- Azimut de la fuente de iluminación.
- Si proviene de un medidor de distancia o de un designador de blanco.

Estos artefactos han sido instalados en aviones, tanques y helicópteros para combates en tierra.

Alarma combinada de laser y radar

Este tipo de alarma discrimina entre un haz de laser y una onda de radar, indicando la dirección de la iluminación. Entrega en una pantalla, por medio de una flecha indicadora, la siguiente información:

- Si el haz es de radar o de laser, v
- Azimut de la fuente.

# Holografía

La holografía consiste en la reproducción de una imagen tridimensional de un obieto (Refer. 15, 21). Esta técnica se produce primero dividiendo en dos un haz de luz laser. El primer haz resultante se dirije al objeto que se quiere reproducir, donde se produce un sistema de ondas altamente compleias, pero todavia coherentes, que son captadas por una placa. El segundo haz llega directamente a esta placa, donde se ve la imagen del objeto en forma tridimensional. Con esta técnica, una persona puede observar virtualmente cualquier objeto reproducido en sus tres dimensiones. como si estuviera en el aire y fuera real. La holografía tiene gran potencial en todos los sistemas de simulación para el entrenamiento de personal, y es usada actualmente en los HUD (Head Unit Display).

El HUD es un casco donde la persona tiene visual hacia el exterior, pero adicionalmente se le presenta frente a sus ojos toda la información necesaria para un combate, que normalmente estaría en algún panel de control.

Este sistema tiene la ventaja de presentar al usuario la situación del combate en todo momento, ya que cuando gira su cabeza o se traslada de lugar la información la mantiene siempre al frente suyo. Lo pueden usar pilotos de avión, tanquistas y los comandantes de lanchas pequeñas de combate.

# Sistema de vigilancia

Consiste en enviar un haz invisible a través de una cierta distancia, que es recibido por un detector. Al ser el haz cortado por alguna persona intrusa, automáticamente es detectado y la señal es enviada al puesto de control. Este sistema puede ser instalado en forma simple con un solo haz o puede ser múltiple, o sea, una cortina de varios haces. La ventaja de este sistema, en comparación con la alternativa de tener un detector de infrarrojo, es que la distancia entre la fuente y el receptor puede

ser mayor, permitiendo cubrir fácilmente distancias de 5 kilómetros.

#### DESARROLLO FUTURO DEL LASER

El desarrollo futuro del laser será una consecuencia de algunas mejoras tecnológicas que hoy en día no han sido resueltas completamente. En particular, el problema de la baja transmitancia atmosférica que afecta al haz del laser de baja potencia, que será resuelto utilizando un conjunto de combinaciones de laser de diversas longitudes de onda, de manera que si un laser no atraviesa ciertas condiciones atmosféricas, otro pueda hacerlo.

Los países más desarrollados contarán con la tecnología suficiente para confeccionar armas laser, cuyos posibles usos serían:

• Armas para el sistema de defensa estratégico: desde satélites; desde tierra.

El esfuerzo norteamericano en el proyecto SDI va, fundamentalmente, enfocado en este aspecto.

 Armas laser instaladas a bordo: Antiaéreas; Antimisil; Superficie-superficie; Multipropósito.

Por lo caro del sistema, lo más probable es que esta nueva arma sea multipropósito, ajustando la energía y dirección, según las necesidades, desde un mástil por medio de un espejo.

Los buques del futuro podrían volver a tener mástiles, no para propulsarse, sino para dirigir el haz de laser a una distancia mayor que la del horizonte.

#### CONCLUSION

Se hace imperativo aprender los principios básicos de funcionamiento del laser y tomar conciencia de los cambios tecnológicos que está produciendo este nuevo desarrollo, con el propósito de considerarlo como una herramienta más en la solución de problemas.

#### REFERENCIAS

- 1. JOHNSON, JIM: Laser Technology, Wojcikiewicz Karl, Heath Company, Benton Harbor, Michigan.
- 2. Post E., J.: "Sagnac Effect", Review of Modern Physic, Vol. 39 Nº 2, abril 1967.
- 3. Jones R., V.: Future Conflict and New Technology, The Center for Strategic and International Studies, Georgtown University, Washington D.C.

- GARAVAGLIA, MARIO: El Laser, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington D.C., 1976.
- 5. WARWICK, GRAHAM: "Uk Follows Laser Path", Week Ending No 9, marzo 1985.
- 6. ZORGNO, MAURO: "The Laser for tactical military applications", Military Technology Nº 6, 1985.
- 7. Antoniotti C., Joseph: "Municiones guiadas con precisión ¿Laser u ondas milimétricas?, Revista Internacional de Defensa Nº 9, 1986.
- 8. "Panorama de la defensa, lanzamiento de una ráfaga de dos misiles As-30 laser contra un blanco naval", Revista Internacional de Defensa Nº 5, 1987.
- 9. Martin Graham, J.: "Gyroscopes may cese spinning, IEEE Spectrum, febrero 1986.
- 10. Schulz Du-Bois, E.o.: "Alternative interpretation of rotation rate sensing by Ring Laser, IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE2 No 8, agosto 1966.
- 11. CHOW W., W., GEA-BANACLOCKE J., PEDROTTI, L. M.: "The Ring Laser Gyro", Review of Modern Physic, Vol. 57 No 1, enero 1985.
- 12. Burns K., William: Fiber optic gyroscope. Optical Reasearch in NRL.
- 13. Chatham, Ralph Ernest: "Submarine laser communication", Journal of Electronics Defense, marzo 1987
- 14. Quan, Frederic: "Tactical applications of fiber optics", Miltech No 6, 1985.
- 15. WOODCOCK, B. H. y Кіякнам, А.J.: "Holographic applications ins avionic Hub's, Miltech Nº 6. 1985.
- 16. NEUHEUSER, HANS: "The nuclear electromagnetic pulse", Miltech Nº 6, 1985.
- 17. TAYLOR B., THEODORE: "Third generation nuclear weapons", Scientific American Vol. 256 No 4, abril 1987.
- 18. Stein J., Kenneth: "Singer targets Trilag Ring Laser Gyros for tactical, reentry vehicle uses", Aviation Week & Space Technology, abril 27, 1987.
- CODINA, RODOLFO: "Lasers, estudio e investigación referente a aplicaciones actuales y futuras en los sistemas de armamentos, Memoria Profesional para ascender al grado de Capitán de Fragata, D.A.A., 1985.
- 20. JOHNSON, ALAN: "ASD test airborne Laser communications", Journal of Electronic Defense, junio 1986.
- 21. Holography, Encicopaedia Británica, 1971.
- 22. MOORE, JOHN: "Jane's Fighting Ships 1985-86, Jane's Publishing Co. Limited, 1986.
- 23. PRETTY, RONALD T.: "Jane's Weapon Systems 1985-86, Jane's Publishing Co. Limited, 1986.
- 24. Muncheryan M., Hrand: Principles & Practice of Laser Technology, Tab Books Inc., Blue Ridge Summit, PA., 1983.
- 25. LANDABURU, FEDERICO y ROMAN, HERIBERTO: "El Laser y sus Aplicaciones Militares, *Tecnología Militar*, Nº 1-2/87.
- 26. HECHT, JEFF: The Laser Guidebook, Mac-Graw Hill Inc, 1986.
- 27. EDWARD D., FLINN: "Sky's the limit for Satcom", Jane's Defence Weekly, 11. julio. 1987.
- 28. RHEA, JOHN: "Fiber optics go to sea", Proceedings febrero 1987.
- 29. CORTES, CLEMENTE: Aplicaciones del Laser en Sistemas de Control de Fuego, Memoria Profesional para ascender a Teniente primero, 1986.