

# ENERGIA LASER

## APLICACION E IMPORTANCIA EN LA GUERRA MODERNA

Mayor FAC

NEFTALI GARCIA CARVAJAL

ALUMNO CEM

### INTRODUCCION

Todos, en un momento dado hemos sentido la inquietud por conocer un poco más sobre ciertos adelantos científicos que en una u otra forma afectan la vida del hombre moderno, deseamos saber para qué sirve exactamente, hacia dónde se orienta su desarrollo y ante todo cómo nos va a afectar; desafortunadamente no siempre se tiene la facilidad para encontrar la publicación precisa, ya que unas o tratan muy *someramente*, no satisficiendo nuestras inquietudes, este es el caso de los artículos de prensa sobre temas científicos, otras publicaciones se van al otro extremo tecnificando la información, desanimando a los no iniciados en la materia para acometer su lectura o estudio, siendo este el caso de las revistas científicas.

En el medio militar se nota que uno de los adelantos técnicos que está modificando la forma de hacer la guerra es la aplicación de la energía laser y es sobre esto que se pretende hacer claridad en el presente escrito.

Inicialmente consideré hacer una síntesis histórica de cómo se llegó al laser, analizar el laser básico y discutir un poco en donde está la actual tecnología de producción de energía laser.

Como quiera que las Fuerzas Militares del mundo son los que más dinero invierten en la investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones del laser (1), así como los mayores usuarios de esta nueva tecnología es importante saber cómo está influyendo esta tecnología en la modernización de los sistemas de armas y en general de la concepción de la guerra moderna.

Como las preguntas que más nos inquietan son: ¿hacia dónde van estos adelantos y cuál será su futuro? Pretendo hacer una aproximación sobre sus posibilidades tratando aunque con dificultad de separar la ficción de la realidad, ya que en este momento atreverse a tachar de ficción algunas ideas que los escritores han expuesto es temerario puesto que es tan rápido el avance y tan grandes las posibilidades que en ocasiones es insuficiente nuestra fantasía para aproximarnos a la realidad del futuro.

## 1. LASER

### 1.1. *Reseña Histórica*

Aunque parezca increíble la historia del Laser no va más allá de los años 1959/60 cuando *Teodore H. Maiman* logró la coherencia de las ondas luminosas que venía tratando de lograr desde 1958; lo más paradójico es porque dos años antes muchos científicos aseguraban que físicamente era imposible lograr la coherencia de la luz (1).

---

(1) *Hight Technology*. Vol. 1 N° 2 Dic.\*61.  
Technology Publishing Co. Boston MA.

(1) *Klein Artur — Masers y Laser*.  
Nueva colección Labor — Editorial "Labor".

El fundamento teórico del laser se encuentra en las teorías de *Einstein* en 1917 quien aseguraba que la radiación controlada podría ser obtenida de un átomo bajo ciertas condiciones.

Sobre esa base se tejieron muchas teorías pero de ahí no pasaron, sólo hasta 1958 el doctor *Charles Townes* publicó su teoría sobre el laser muchos más viable de lo que hasta la fecha se conocía, su estudio se tituló "*Masers Opticos y para Infrarojos*" un maser óptico es un *laser*.

Laser significa *Light Amplification by stimulated emission of radiation*. Como se vé desde la teoría de *Townes* a la aparición del primer laser no pasaron sino dos años, de ahí en adelante año tras año se sucedieron muchos descubrimientos y se desarrollaron nuevas técnicas; comparable esta carrera científica al proceso de la aviación en sus comienzos que año tras año se batía un récord y aparecía un nuevo desarrollo.

## 1.2. ¿Qué es el Laser?

### — Niveles energéticos de los átomos.

Es importante que antes de entrar a explicar el laser en su funcionamiento básico, se haga una revisión de algunos conceptos de física que fueron vistos en el bachillerato en nuestros cursos regulares, ya que estos nos ayudarán a comprender mejor el dispositivo usado para la generación del laser.

Recordemos que la materia tiene varios niveles de energía variando el nivel G al nivel E o F de menor a mayor. Eventualmente o por medio de excitación (temperatura — energía luminosa— energía electromagnética), un átomo adquiere energía la cual se manifiesta en la aceleración del movimiento de sus electrones que lo hace en un momento dado pasar de una órbita de menor energía a un nivel de energía superior, o sea que han ganado energía. Si la energía adquirida es suficiente, logran salir al espacio libre, pero también puede suceder como ocurre en trabajos controlados que la excitación aplicada no sea suficiente y queden en niveles intermedios (1) el átomo

---

(1) Ryder John — Electrónica, Aguilar. Editorial Madrid. 1963.

tiende a regresar a su nivel energético original, pero al descender pierde energía lo cual se manifiesta en forma de un fotón que sale al espacio (ver figuras 1, 2, 3, 4, 5) (2), también existe otra posibilidad de controlar la energía adquirida por el átomo, es controlando la temperatura del proceso; sumergiendo todo el dispositivo en ambientes de temperaturas bajo cero se logra que se establezca el nivel superior de energía y tienda a perderla regresando a un nivel inferior, pero como ya dijimos el paso de este nivel superior a uno inferior representa emitir fotones, estos fotones salen en diferentes direcciones, de las cuales en relación al laser sólo se aprovechan los que tengan determinada dirección. Es importante anotar que para que se presente el fenómeno laser es necesario que existan suficientes átomos energizados, llegando a constituir mayoría, es decir, que en los niveles E y F haya mayoría de átomos, a esto se le llama "Inversión de población".

#### — Coherencia.

Vamos a analizar muy elementalmente el concepto de coherencia, ya que es importante para entender mejor la generación del Laser.

Sabemos que la energía viaja o se propaga en forma de ondas, estas ondas pueden medirse, dos de sus medidas son la frecuencia y la amplitud, la frecuencia es el número de veces que la onda se repite en la unidad de tiempo segundo, y la amplitud podemos asociarla con el tamaño de la onda; podemos decir también que las ondas tienen un comienzo y un final, cuando colocamos un punto imaginario a partir del cual vamos a medir o a observar el paso de las ondas, encontramos que no todas pasarán al mismo tiempo, pues se verá (en un osciloscopio) que unas irán adelante de las otras empezando un poco o mucho después; pero habrá algunas que pasarán exactamente al tiempo es decir por el punto de referencia, su comienzo se presentará exactamente en el mismo punto, en este caso diremos que entre estas ondas hay coherencia, en el gráfico N° 6, se podrá ver más claramente este fenómeno.

---

(2) Klein Arthur — Maser y laser — IBID.

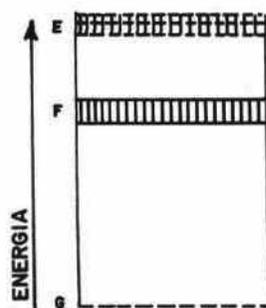


FIG. 1

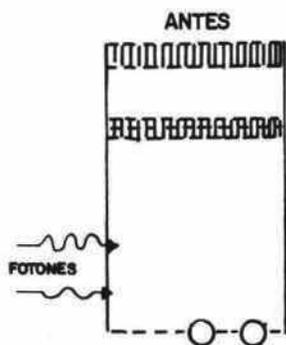


FIG. 2

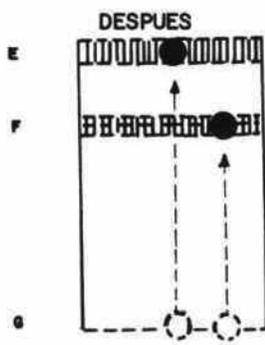


FIG. 3

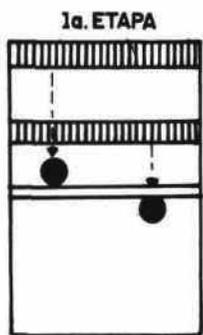


FIG. 4

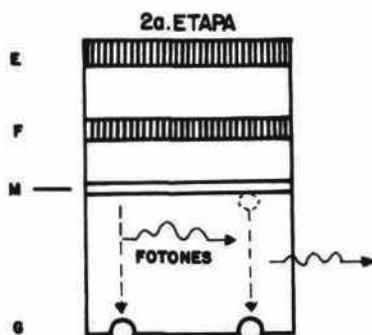
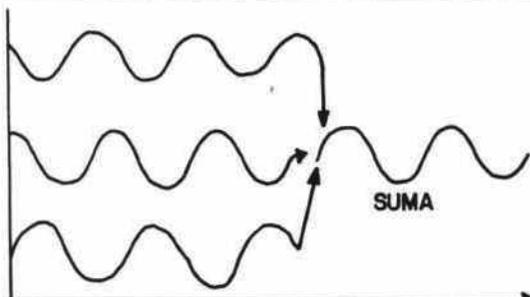
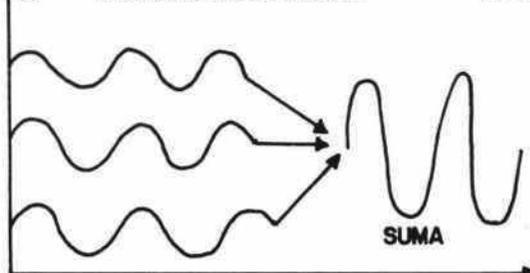


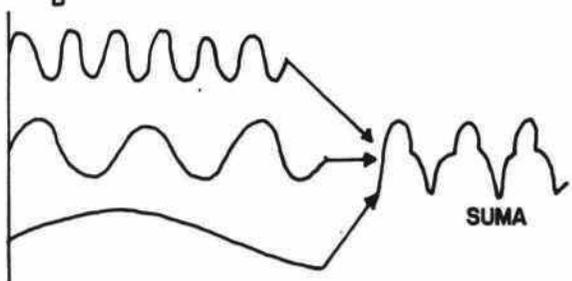
FIG. 5



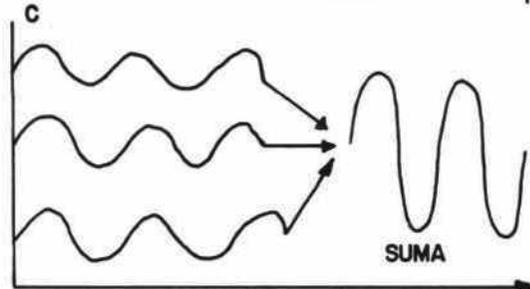
A INCOHERENCIA ESPACIAL ESPACIO



B COHERENCIA ESPACIAL ESPACIO



C INCOHERENCIA TEMPORAL TIEMPO

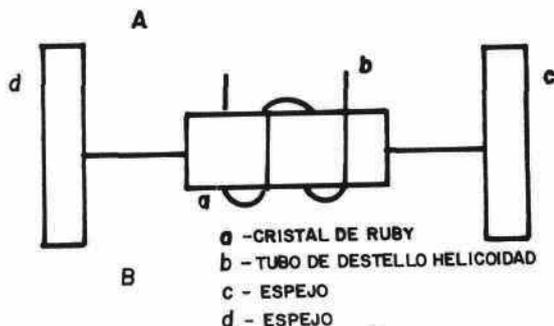


D COHERENCIA TEMPORAL TIEMPO

Cuando existe la coherencia y se efectúa la suma de las ondas, se verá que el efecto final es una onda aumentada, pero si no existe coherencia, como la suma de ondas es de tipo algebraica el efecto final será una onda posiblemente de menor tamaño que las ondas que se estaban sumando.

El laser básico es el laser de cristal de rubí que fue el primero que se construyó (ver figura 7), está compuesto de un cristal de rubí el cual está rodeado helicoidablemente de una lámpara de destello todo esto dentro de un cilindro con su interior cubierto con material altamente reflectivo en cada uno de los extremos del cilindro hay superficies reflectoras (espejos) la una totalmente reflectiva (100%) y la otra parcialmente reflectiva (95%) el tubo de destello está conectado a una fuente de poder.

El fenómeno laser se sucede de la siguiente forma: el tubo helicoidal de destellos que rodea al cristal de rubí produce al energizarlo una luz muy intensa, el cristal de rubí absorbe esta energía y esto hace que sus átomos se exciten y adquieran energía adicional que las hace llegar a niveles superiores de



energía, en centésimas de segundo esta energía es emitida por el cristal (ya vimos atrás que al descender los átomos de de nivel energético emiten fotones que es la forma en que es emitida la energía luminosa) parte en forma de luz y el resto como calor, una pequeña parte de esta energía lumínica producida por el rubí consiste de fotones que viajan en dirección paralela al eje del cristal de rubí, o sea perpendiculares a los espejos; esta pequeña parte de la energía se refleja una y otra vez en los espejos pasando a través del cristal muchas veces, produciendo en caso más excitación en su átomos y más producción de energía luminosa, es decir, que en cada paso por el rubí hay amplificación de energía o sea que se recoge más energía de rubí (1). Llega un momento dentro del cilindro que la energía es tal que los chorros de luz paralelos al eje del cristal salen en forma de haz pasando por el espejo parcialmente reflectivo, esta energía que viaja en forma de luz roja, en forma de haz, conformando lo que se ha llamado *Rayo Laser*. En este momento se ha recogido casi toda la energía descargada de los átomos de la emisión laser, al mismo tiempo el material laser (cristal de rubí) queda desactivado, debiendo ser energizado (por medio del destello del tubo helicoidal) antes de que pueda producirse una nueva emisión laser.

### 1.3. *Características del Laser*

Ya tenemos el haz de luz que produce el laser, veamos ahora algunas características y propiedades de este rayo o energía laser.

La principal propiedad de este rayo laser es ser increíblemente coherente, lo cual facilita su concentración en el tiempo y en el espacio, dando una intensidad que cualquier otra luz o radiación conocida.

Es tan denso el rayo que puede ser concentrado con ayuda de lentes especiales en áreas tan pequeñas que la cabeza de un alfiler es grande en comparación con ella.

---

(1) Clayton Hallmark — Lasers "The light Fantastic" Pág. 112.  
Tab. Book Inc. First. ed. 7ª Impresión 1979.

Las intensidades que se han alcanzado con el laser han superado grandemente todo lo conocido hasta el presente, se ha llegado a tener hasta 100 millones de watios o más por centímetros cuadrados lo cual es bastante grande, a modo de ejemplo basta conocer que la luz solar no puede ser concentrada más allá de los 500 watios por centímetro cuadrado lo cual resulta insignificante al lado de la capacidad del laser; en un intervalo de 5 microsegundos pueden llegar a generarse temperaturas hasta de 10.000 °C Fahrenheit lo cual vaporizaría en forma inmediata el material sobre el cual sobreactúa, esta es la propiedad usada en algunas aplicaciones de tipo industrial tales como perforación de diamantes, como taladro para cortar materiales, como equipos de soldadura, etc.; su poca dispersión y alta concentración la podemos notar en el hecho de que una laser de 50 julios (1) sería capaz de encender un papel en un trozo de madera a una distancia superior a un kilómetro. Experimentos hechos por el MIT (2) y la universidad de Berkeley (3) lograron en 1962 reflexión de un laser en la luna, habiéndose recibido a los 2½ segundos la señal reflejada, con esta demostración se vió la posibilidad de utilizarlo como un radar y en sistemas de comunicaciones.

El laser en sí no es eficiente ya que la potencia emitida por el sistema sólo representa menos del 1 por ciento de la energía empleada en su excitación.

#### 1.4. *Tipos de Laser*

Ya vimos lo que es el laser pulsante de cristal de rubí el primero que se desarrolló a partir del cual se siguieron los estudios y trabajos científicos dando como resultado una gama bastante amplia de generadores laser cada uno de ellos

---

(1) El Julio — es una medida de trabajo y energía, corresponde al trabajo realizado por un watio en un segundo.

(2) Laser y Masers IBID. MIT. Massachusetts. Institute Of Technology — los doctores Giorgio Flosses y Lawis Sunllin, dirigieron el experimento en el laboratorio Lincoln de MIT.

(3) Laboratorio de Física de Berkeley "Optica del Laser". Edit. Riverte 1974.

con algunas propiedades específicas que los hacían apropiados para unas aplicaciones más que para otras, veamos algunas de ellas.

— LASER de operación continua (Laser de gas). En los comienzos de 1961 nació el Laser de operación continua, logrando una técnica diferente al laser del rubí, básicamente es un laser que utiliza una combinación gaseosa en lugar del cristal de rubí, su excitación no es por medio de la luz sino usando un generador de radiofrecuencia, no requiere grandes potencias para excitarlo, tan sólo 50 watios de energía es suficiente (energía consumida por un bombillo casero), este tipo de laser no es tan potente como el pulsante de cristal, pero puede ser operado permanentemente, dándole otras posibilidades de utilización.

Se utilizan en este tipo de laser 2 gases, Helio y Neón los cuales son de los más comunes, la excitación la inicia el helio y por medio de choques sucesivos le pasa la energía al neón en el cual se sucede el fenómeno laser, sucedido esto el proceso es igual al del rubí, es decir reflexiones en los espejos, finalmente salida de un rayo de luz por un extremo del tubo.

—LASER de inyección - Es el más joven y pequeño de la familia laser, consiste de un delgado bloque de cristal semiconductor al cual es excitado por una fuerte corriente eléctrica.

La más sobresaliente propiedad de este laser es su simplicidad, ya que lo que se tiene es un diodo conectado a una corriente eléctrica de gran concentración; llega al orden de 100.000 amperios /Cm<sup>2</sup>.

La corriente que se aplica se hace en 5 a 25 millonésimas de segundo y en este lapso que se hace es inyectarle millones de electrones al diodo lo cual lo estimula presentándose la emisión y la reacción en cadena propia del laser; de aquí en adelante el proceso es igual a los láseres antes analizados, es decir, reflexiones continuadas y salida de la luz por el espejo parcialmente reflectivo. Este laser es muy eficiente pues se ha demostrado que casi toda la energía eléctrica suministrada se convierte en energía luminosa.

## 2. APLICACIONES MILITARES

Desde mucho antes de la aparición del primer laser en 1960, es decir desde cuando el laser sólo era una teoría en el papel, los militares norteamericanos han sido los más interesados en él. En 1959 el pentágono dió un millón de dólares a la compañía TRG INC. de Syossetny para investigación, con la meta de constituir el primer laser; esta compañía finalmente lo logró en 1961 pero no fue la primera pues como ya vimos el primer laser lo construyó *Theodore H. Maiman* con patrocinio de la "Hughes Research Laboratory".

Hoy 23 años después los militares siguen siendo los más interesados en el laser lo cual se nota si tenemos en cuenta que más de la mitad del mercado de laser en Estados Unidos está compuesto por equipo militar y de investigación; en el año 1982 el Pentágono destinó 300 millones de dólares para investigación en laser, tratando de lograr un laser de alta potencia que por sí mismo pudiera usarse como un arma (1), esto viene buscándolo desde casi sus comienzos, parece ser que ha habido éxito toda vez que se está anunciando para 1985 el primer centro de pruebas de laser de alta energía en Nuevo Mexico (2); veamos algunas de las aplicaciones actuales de los laser en el ambiente militar.

### 2.1. Comunicaciones

En el ramo de las comunicaciones se nota interés de todos los sectores por el desarrollo del laser ya que verdaderamente abrió unas posibilidades ilimitadas y es una posible solución a la congestión de frecuencias existentes.

La utilización actual del laser en comunicaciones está reducida al laboratorio ya que todavía no se han perfeccionado los sistemas de modulación y detección.

Se le ve al laser un potencial enorme pero aún no es explotable comercialmente; teóricamente un solo laser sería capaz de emitir simultáneamente 30.000 millones de canales

---

(1) Hight Technology Vol. 1 N° 2 Dic/81. Pág. 76.

(2) Aviation-Week Space Technology mayo 18/81. Pág. 25.

de audio separados 20/kilociclos, sobre esto se está trabajando, habiéndose ensayado novedosos sistemas de modulación que han permitido la extensión de la banda de comunicaciones, pero aún no justifica lo invertido en ellos.

### 2.2. *Radar Laser* — (Radar óptico).

Este tipo de radar aunque aún no está operable comercialmente ya es un hecho su construcción; se fundamenta en el laser de rubí. Su operación básica es la siguiente: un corto haz de luz roja de laser es dirigida hacia el blanco que se desea detectar la luz se refleja si es escogida por un telescopio y detectado por un fototubo (tubo sensible a la luz), la señalización sigue el mismo proceso de los radares de microonda. La principal ventaja de este radar radica en que el ancho de luz coherente es 100 veces más angosto que el haz de microonda del radar convencional, por esto la información de este radar es excepcionalmente limpia y bien definida, revelando muchos más detalles que las imágenes convencionales. El mejoramiento de la claridad de la imagen es obtenido con equipo de poco peso y tamaño, lo cual es una gran ventaja sobre los radares convencionales que necesitan inmensas antenas para enfocar la energía en haces de un ancho comparable; a modo de ejemplo con un radar óptico fue demostrado recientemente que se puede distinguir entre dos objetos abyacentes de 10 pies a una distancia de 5 millas. Esa propiedad los hace extremadamente útiles en radares tácticos.

### 2.3. *Guiadores de armas*

Los primeros sistemas de armas guiadas por un laser fueron usados en la guerra del Viet-nam y desde allí se han venido sucediendo una serie de desarrollos que han jugado un papel determinante en armamento táctico (1). Existen dos técnicas básicas de guías de armas, en una de ellas se designa o marca el blanco iluminándolo con un rayo de laser con codificación, el Missil/bomba detecta el código en la luz del laser que se refleja y pega al blanco con precisión.

---

(1) Hight Technology, IBID.

La otra técnica, midiendo la distancia al blanco se obtiene el tiempo gastado en ir y volver del blanco por un haz laser, se procesa y entrega al control de tiro, el cual automáticamente aprieta y dispara hacia ese blanco.

Los armamentos guiados por laser son mucho más seguros que las armas convencionales y mucho más eficientes; para el caso de las bombas, una guiada por laser puede hacer el trabajo de 100 bombas no guiadas, naturalmente el costo de la bomba guiada es 10 veces más que la no guiada pero se compensa si notamos que sólo se requiere una cantidad de 1/100 de los no guiados.

Los Estados Unidos han instalado el sistema de guía en 2.000 tanques en 1981, lo cual les garantiza dar en el blanco.

El laser más usado en guías de armas es el de rubí emitiendo luz roja y el laser de neodimio — Yag emitiendo cerca del rayo infra-rojo.

La confianza en el guiado de armas por laser se nota cuando el Ejército de los Estados Unidos equipó todos los 7.000 nuevos tanques XM-1 con laser tipo YAG (gaseosos) como guías de sus armas.

#### 2.4. *En los equipos de navegación*

Ya está en el comercio un sistema de navegación inercial basado en el laser y más exactamente en un dispositivo denominado "*The Ring Laser Gyro*" (1). Este dispositivo es una técnica desarrollada para proveer sentido de rotación con respecto a un plano inercial de referencia.

Se fundamenta en dos haces de luz laser que forman un circuito cerrado en una caja piramidal o cúbica, las señales en cada uno de los ángulos son reflejadas por un espejo y recibido en uno de los extremos, cuando el dispositivo tenga algún movimiento las frecuencias de los dos laser recibidos varían, siendo proporcional esta variación de frecuencia a la rata de rotación, la medida de esta rata de variación puede

---

(1) Honeywell avionics División. Información sobre el Lins (laser inercial Navigation sistem) para el avión Northrop's F-5 G. Sp/81. St. Louis Park MN.

ser usada para corregir la actitud del vehículo, o utilizarlo en un sistema de navegación automático como retroalimentación para efectos de corrección.

### 3. EL FUTURO

Pretender hablar del futuro del laser sería necio máxime cuando los desarrollos científicos actuales van más rápido de lo que uno se imagina, en ocasiones la realidad ha superado la misma imaginación.

Describiré en esta parte aquellas aplicaciones que ya están siendo experimentadas y algunas metas que se han propuesto los científicos y los patrocinadores de las investigaciones.

#### 3.1. *Como arma*

La meta propuesta por el pentágono norteamericano es poder llegar a utilizar el laser en sí mismo como arma, se han venido gastando millones de dólares tratando de lograr un laser de alta energía que pueda usarse a kilómetros como arma. Veamos que pasaría con un arma de estas. Imaginemos esta arma mortal montada en tierra, sobre un buque o un avión, y un blanco enemigo a un kilómetro de distancia; en las tres millonésimas de segundo que gastaría el laser en recorrer el kilómetro a la velocidad de la luz, un avión o missil viajando a dos veces la velocidad del sonido se moverá solamente 1.5 milímetros, como vemos un arma laser podrá selectivamente atacar y destruir blancos enemigos aun en medio de muchos aviones amigos, podría dispararse en rápida sucesión a muchos blancos que se aproximen por muchas direcciones, facilitándose el hecho al tener en cuenta que el haz es manejado por espejos; podría rápidamente moverse a través del campo de vista del mismo laser. Un laser de este tipo podría proveer defensa contra missiles Intercontinentales, bombarderos, satélites enemigos, etc.

Este es el sueño dorado de los estrategas norteamericanos y soviéticos y son muchos los millones que se están gastando en lograrlo.

En los Estados Unidos este programa lo han llamado ALFA siendo el contratista TRW y se inicia con el desarrollo de un laser de gas (hidrógeno-flour) capaz de radiar 2-3 me-

gawatios de potencia promedio; el pentágono solicitó para el año fiscal de 1983, 21.8 millones de dólares para continuar los esfuerzos (1).

Para utilizar un laser como arma no se necesitaría vaporizar el blanco, bastaría darle un punto clave; por ejemplo colocando el disparo laser en el tanque de combustible de un misil o en su sistema de navegación o simplemente abriéndole un hueco suficientemente grande para crearle problemas aerodinámicos. En el caso de un satélite espía podría sobrecargarse su ojo sensitivo con luz laser, naturalmente que no es fácil lograr el arma de esa precisión, prueba de ella son los años y millones que se han gastado tratando de lograrlo.

La Fuerza Aérea de los Estados Unidos acondicionó algunos KC-135 para investigación y desarrollo laser con capacidad de enfrentar misiles aire-aire. Estas aeronaves se llaman "*Air Force's Airborne Laser Laboratory*". Tiene un laser gaseoso (CO<sub>2</sub>) de alta potencia y los suficientes instrumentos ópticos para disparar el laser sobre un blanco, se desconoce el estado exacto de los éxitos alcanzados, pero de llegar a materializarse esta arma, esto cambiaría muchos de los conceptos vigentes sobre la guerra moderna.

### 3.2. *Comunicaciones*

Como una de las grandes esperanzas de las comunicaciones es el laser; se están invirtiendo millonarias sumas en lograr los equipos precisos para aprovecharlos. Uno de los problemas que afronta la Armada Norteamericana es la comunicación en submarinos sumergidos, especialmente submarinos que llevan arsenal nuclear. Se ha venido trabajando en base en métodos convencionales, con frecuencias extremadamente bajas (ELF) del orden de 30 a 80 HERTZ y más aún se está investigando comunicación con corriente directa; la antena requerida para una comunicación con tan baja frecuencia es del orden de los 200 kilómetros de largo (1), que es poco práctica pese a lo cual se está utilizando; con el fin de solucionar esta situación se está investigando sobre el laser con dos aproximaciones; la una utilizando un laser en tierra dirigido

---

(1) Aviation Week Space Technology, abril 26/82. Pág. 18.

(1) Hight Technology, diciembre 18. Pág. 79.

a un satélite reflector que sirva como relevo el cual puede buscar el submarino sumergido en el área rastreándolo con el laser. En los otros experimentos el laser estaría instalado en el satélite y se enviaría la comunicación desde tierra vía métodos convencionales, el laser localizaría el submarino y le enviaría la señal. Aunque la idea parece sencilla son muchos los problemas a resolver, la marina cree que en tres años tenga su sistema trabajando.

Por otro lado las compañías productoras de equipos de comunicaciones están trabajando sobre el laser para despejar las posibilidades de las comunicaciones ya que el espacio está saturado de ondas electromagnéticas y el espectro de ondas a utilizar está agotándose. Muchos creen que será la redención de las comunicaciones mundiales; podemos notar su potencial si tenemos en cuenta que un rayo laser de un diámetro de un cuarto de pulgada, podría reemplazar todos los circuitos existentes entre la costa este y el oeste norteamericanos, o sea que varios láseres acomodarían la totalidad de las comunicaciones hacia el mundo entero, claro está, que se necesita encontrar las apropiadas técnicas de modulación y detección sobre los cuales el mundo científico tiene puestos sus ojos.

### 3.3. *Otras aplicaciones*

Los láseres tiene también una capacidad ilimitada para reaccionar a los más pequeños ecos de radar, se ha calculado que una pequeña antena receptora acompañada del amplificador correspondiente puede dar resultados similares a los obtenidos por una antena de 30.000 veces mayor que deba transmitir la señal recibida de un amplificador de microondas normal; sobre esto se está trabajando habiendo obtenido resultados alentadores. Se ha hablado mucho de la posibilidad de transferir la energía a través del laser, con lo cual se solucionaría el problema de los vehículos espaciales, satélites a los cuales podría inyectárseles energía mediante emisiones de laser, pero en este sentido los científicos quienes son los que tienen la última palabra no se han aventurado a predecir nada, ya que existen aún enormes obstáculos para transferencias de energía a distancias tan grandes.

#### 4. CONCLUSIONES

Podemos ver que el futuro del laser y sus diferentes aplicaciones es enorme, pudiendo llegar a cambiar muchas de las técnicas usadas en los procesos del diario vivir; podría compararse el efecto que el transistor y los circuitos integrados produjeron en la vida de las personas.

A pesar de que muchas publicaciones sensacionalistas insisten en ver el rayo mortal de la película "La guerra de las Galaxias" en el laser por el hecho de que se pueden evaporar diamantes y metales en cuestión de segundos, no hay que pensar que los adelantos científicos necesariamente tienen que ser usados para la muerte y la destrucción; generalmente la contribución de la ciencia al progreso y convivencia pacífica de la humanidad ha sido mayor que su contribución al mal. Indudablemente que toda esta ciencia puesta al servicio de la destrucción podría causar tanto mal que no es posible llegar a imaginarlo. Pero debemos mirar el futuro del laser con confianza en la esperanza de que los beneficios que de él se deriven sean muy superiores a la posibilidad de mal.

Debe llegar el día en que el hombre sea consciente de que no puede autodestruirse y que toda esa fuerza vital que está dirigiendo hacia la destrucción de su potencial enemigo, se canalice hacia el logro del desarrollo mundial para bien de la humanidad y no contra ella.

#### BIBLIOGRAFIA

- Optica del Laser. Berkeley physics laboratory, Editorial Riverte, S. A. Barcelona, 1974.
- Klein Arthur. Masers y Lasers, Editorial Labor, S. A.
- Ryder John. Electrónica, Aguilar editores Madrid. 1963.
- Hallmark Clayton. Laser - The light fantastic Tab. - Book INC. 1979.
- Sigel Shubin Mark. Video Disc. Knowledge industry publication INC. 1980.
- Aviation Week & Space Technology. Publicaciones de: mayo 18/81, junio 14/82, junio 21/82.
- Hight Technology. Publicaciones de: Sep., oct./81 — Nov., Dic/81. Technology publishing Company, Boston MA.
- Honey well's Laser, Inertial navigation system. Publicaciones de Honey Well's Avionic. División, St, Louis, Park MN. sep./81.