

EL LÁSER

Ing. JOSÉ LUCIO QUERO

*Profesor Asociado de Programación y
Radiación de Ondas Electromagnéticas*

INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

Los láseres tienen una corta pero rica historia, plena de hechos espectaculares. El primer instrumento que funcionó, fue realizado por el físico estadounidense Theodore Maiman en 1960, en los laboratorios de la Hugues Aircraft Co, en base al rubí sintético, que emitía una luz roja pulsada, señalando de ese modo el comienzo de una actividad en esta nueva área del conocimiento, que al poco tiempo se tornaría intensísima.

La ciencia se ha construido y se seguirá construyendo con ideas y con hechos experimentales. Muchas veces unas precedieron a los otros. Pero también ciertos hechos experimentales quedaron durante mucho tiempo sin explicación, tentando la avidez de comprensión de muchos investigadores, hasta que aparecía quien con una idea simple y genial resolvía el enigma.

Los láseres no escaparon a esta evolución, y si el año 1960 marcó el comienzo de una historia experimental, es menester señalar también que se debió a un fundamental aporte teórico realizado por Charles Townes y A. Schawlow en USA y Basov, y A. Prokhorov en la URSS, quienes publicaron sus trabajos basados en sus importantes aportes previos realizados durante años sobre los precedentes de los láseres, que son los máseres, les valieron a Townes, Basov y Prokhorov el premio Nobel de Física, que compartieron en 1964.

Pero no es posible dejar de mencionar que a su vez estas teorías y trabajos experimentales, tuvieron su fundamento en el aprovechamiento de ideas sustanciales que Einstein había dejado publicadas en 1917 sobre la radiación estimulada. Y tanto es así que Townes llamó "láser" a un sistema como el que describía, palabra que formó con las primeras letras de la frase en inglés "light amplification by stimulated emission radiation" cuya traducción es "amplificación de luz (efecto) por emisión

estimulada de la ración (causa)". Sería injusto no mencionar también el hecho de que entre las ideas de Einstein y las de Townes, o sea entre 1917 y 1958 sucedieron hechos que aunque no tan relevantes tuvieron su enorme importancia, tales como los trabajos de Tolman, Laderburg y Fabrikant, estando este último muy próximo a ciertas partes de las ideas de lo que posteriormente serían los Láseres.

Desde 1958 comenzaron entonces una serie de trabajos experimentales para poner en práctica las ideas de los que ganarían el premio Nobel, y a la publicación de Maiman de 1960, siguieron la de Javan, Bennet y Herriot en 1961, en la cual dieron cuenta de un importante éxito al hacer oscilar por primera vez un Láser de HeNe, de emisión roja continua, tal vez hoy el más popular de todos.

A partir de esos años se produjo un crecimiento incesante de las investigaciones básicas y aplicadas realizadas sobre el tema. Baste señalar que sobre Láseres y aplicaciones actualmente aparecen en el mundo unos 50 artículos semanales; que existen no menos de 10 publicaciones mensuales; que se realizan 4 o 5 congresos internacionales y que muchísimas Universidades dedican serios esfuerzos a la investigación y desarrollo en el tema.

Si fuera posible medir el crecimiento por un parámetro, por ejemplo la potencia de emisión alcanzada por los Láseres de anhídrido carbónico continuos, basta decir que cuando fue encontrado por Patel; Faust y McFarlane en 1964, tenía unos pocos mW de potencia y actualmente alcanza la espectacular cifra de 2MW. Es decir que en sólo 30 años esa potencia ha crecido en 9 órdenes de magnitud.

Otro parámetro que se puede considerar de interés es la dimensión física de los Láseres. Los primeros equipos de laboratorio tenían dimensiones tales que entraban en una pequeña habitación. Hoy existen Láseres tan gigantescos que para contenerlos son necesarios 15.000 m² de superficie (cubiertos), y tan pequeños como un fósforo.

Además las clases de Láseres que se han construido son tan diversas que resulta imposible dar una lista completa, pero la idea básica ha permanecido inalterable en todos ellos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE UN LÁSER Y SUS PROPIEDADES

Al ser el Láser una fuente de luz, es interesante ver que lo diferencia de otras, tales como el sol; las lámparas; etc. Un Láser se diseña para que la radiación emitida posea características tales como: intensidad,

direccionalidad, y pureza de color en muy alto grado.

Estas propiedades son importantes y sorprendentes, y a ellas se debe que estos instrumentos tengan un inmenso campo de aplicación en la ciencia y la tecnología.

Quien haya visto el rayo color rojo de un pequeño Láser de HeNe de muy baja potencia desde una distancia prudencial, mirando de frente en la dirección del haz, no podrá dejar de decir que la intensidad de la luz emitida por el pequeño dispositivo es altísima. Lo que más sorprende es el hecho de que, desplazando ligeramente la cabeza de la dirección de la cual proviene el haz, pero siempre mirando en la dirección que proviene el haz, este deja de verse o sea que si uno no mira en la dirección del rayo este no se ve.

Es una sensación extraña para quien está acostumbrado a mirar una lámpara, pues en este caso por más que se mueva la cabeza con la vista fija en la lámpara, se ve casi la misma intensidad. Esto se debe a que la luz de la lámpara sale en todas las direcciones, cosa que no ocurre en un Láser, que sale en una sola dirección. Esta simple experiencia permite comparar la direccionalidad de la radiación de un Láser, con la de una lámpara o fuente de luz convencional, así como la intensidad del mismo.

Muchas veces para disponer de una fuente de color más o menos pura se coloca delante de la lámpara, un filtro del color deseado. Un Láser emite luz muy pura, sin necesidad de ningún filtro y esa pureza de color es enormemente superior a la que puede suministrar el mejor filtro conocido.

Un Láser está compuesto de tres partes:

1. El material, que se utiliza para provocar sobre él radiación Láser.
2. La excitación, de dicho material que depende de este.
3. La cavidad resonante, o espejos que se colocan en los extremos de! Láser, (ver figura 1)

Los materiales utilizados hasta el presente son muy variados y se pueden dividir, haciendo una simple clasificación, en sólidos, líquidos y gases. Entre los primeros se encuentra el rubí sintético, que no es más que óxido de aluminio, al cual se le ha agregado cromo, en un porcentaje conocido. Este elemento químico es el que "lasea" (nuevo verbo creado para describir lo que sucede en el material en las circunstancias que se trata de explicar). Otro importante elemento químico sólido que lasea es neodimio, que en bajo porcentaje se adiciona a un vidrio para su mejor operatividad. Se habla así familiarmente del Láser de rubí, Láser de neodimio, Láser semiconductor de ArGa, etc.

Los líquidos son en realidad colorantes como los usados en tintorería, pero con un grado de pureza adecuado, disueltos en solventes. Un caso típico son las rodaminas disueltas en alcohol.

Los gases son muy utilizados y una gran división puede ser efectuada pensando en los gases atómicos tales como el He; Ne; Ar; Xe; Kr; etc. y los moleculares como el CO₂; CO; N₂; y muchos otros. Dado que a veces las mezclas de gases son muy interesantes, los láseres que las usan suelen llevar el nombre del gas principal utilizado.

En cuanto a la excitación, ésta depende del material que se use. Así por ejemplo, típicamente un material líquido se excita con un destello luminoso de luz ultravioleta, o de una lámpara flash del tipo de las usadas en fotografía. Los gases suelen excitarse eléctricamente, y los sólidos con un fuerte destello de luz blanca, o por una fuente de corriente, para los semiconductores.

Existen otras formas de excitación más sofisticadas tales como la térmica, la química, la nuclear y la expansión de gases, para citar las más utilizadas.

En los extremos del Láser, como muestra la figura 2, (y al decir esto ya que se observa que hay una dimensión que es mayor que las otras dos) van colocados espejos convenientes que juegan un rol muy interesante. En efecto, producida la excitación, ésta provoca en el material la aparición de la "emisión estimulada", que se menciona en la frase que da origen a la palabra **LÁSER**, y que fuera propuesta por Einstein. El material que genera esa radiación también la amplifica, y cuando ella ha atravesado ya todo el material, saldría al exterior de no ser por la presencia de un espejo que la devuelve al material, que es nuevamente atravesado. La radiación vuelve a amplificarse, y sale por el otro extremo del material, donde también hay un espejo. Este devuelve la radiación al material pero... no toda. Parte atraviesa el espejo, dado que éste es semitransparente. Esta pérdida constituye el rayo Láser, la parte de radiación que se devuelve por el espejo al material se amplifica nuevamente y cumple el ciclo ya descrito. Es decir que en realidad, la radiación va y viene entre los espejos, dejando uno de estos salir al exterior una porción de esa radiación. O sea que la radiación oscila. Y el Láser no es ni más ni menos que un oscilador de luz.

ORIENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE LÁSER

La investigación sobre los Láseres se dirige en varias direcciones

simultáneamente. La primera de ellas es el aumento del rendimiento de los sistemas conocidos. Es decir que, dada una energía de entrada o suministrada al equipo, y dada la energía radiante emitida, se busca que la relación entre esta última y la primera sea lo mayor posible, ya que mide el rendimiento de un sistema Láser. Hasta el presente el sistema de mayor rendimiento conocido y usado comercialmente es el de CO_2 continuo que alcanza al 30%.

Otro parámetro que se persigue con enorme interés es el aumento de la potencia. Las máximas potencias alcanzadas en Láseres continuos, corresponde también a los Láseres de CO_2 : 2MW y en pulsados, los de neodimio en vidrio o los de CO_2 que con pulsos del orden de 10^{15} y 10^{-9} segundos de duración, respectivamente, alcanzan potencias del orden de centenas de Tera Watt (10^{14} W).

También se busca la sintonización del Láser, es decir lograr que por medio de un simple desplazamiento de una perilla se cambie el color de la emisión en forma continua. Esto se ha logrado en varias zonas del espectro electromagnético. Fundamentalmente con los Láseres líquidos. También se usan ciertos diodos Láseres que permiten la sintonía en el infrarrojo. Los gases han permitido la sintonía pero en forma discreta o de a saltos. Estos hallazgos permitieron enriquecer sustancialmente los estudios de átomos y moléculas, y los físicos y químicos asisten asombrados a las realizaciones de experiencias que permiten medir parámetros insospechados hasta hace unos años atrás.

Otra búsqueda que está demandando serios intentos es la del Láser de rayos "X". En efecto desde un comienzo se trató de extender las líneas de emisión de los Láseres, a otras líneas del espectro electromagnético comenzándose por el visible (el de rubí y el de HeNe eran de color rojo), se siguió por el infrarrojo y luego por el ultravioleta. Estas zonas se poblaron de líneas emitidas por los más variados tipos de Láseres y hoy se abarca desde el infrarrojo lejano hasta el alto ultravioleta. Pero no se ha llegado a los rayos "X", y este Láser aún no existe constituyendo un serio desafío a la ciencia.

Otro tema en el cual se ha orientado la investigación es sobre formas de excitación de los Láseres, a las ya mencionadas, se agrega hoy la nuclear. Se trata de excitar gases o mezclas convenientes de ellos mediante pulsos de neutrones. En esto ha habido ya un éxito considerable y constituye un mecanismo de enorme importancia por razones que más adelante veremos.

También se trabaja incesantemente sobre otros parámetros tales como anchos de líneas, estabilidad, formas de oscilación, nuevas

cavidades resonantes, etc.

De lo dicho se desprende que en pocos, muy pocos años, apenas 33, se ha abierto en la ciencia una enorme brecha de trabajo que ocupa en el mundo a miles de investigadores.

APLICACIONES DE LOS LÁSERES

Las aplicaciones de los Láseres son actualmente muy numerosas, y se han producido en diversos campos de la ciencia, tales como la física, la química, la biología, la electrónica y también en la tecnología. Se puede afirmar que, en general, son consecuencia directa de las peculiares características ya señaladas de la radiación emitida por los Láseres.

Resulta difícil hacer una clasificación de las aplicaciones de los Láseres, por lo que se comenzará por las más importantes y que son: "**Las Telecomunicaciones**". Este campo ha sufrido una importante transformación al irrumpir en el mercado las fibras ópticas que utilizan como portadora la radiación de un Láser, así como un cable coaxial utiliza una portadora de microondas. Las ventajas que ofrece este sistema son múltiples y muy importantes. En primer lugar, las fibras son de vidrio o de plástico, en tanto que los coaxiales son de cobre y de mayores dimensiones. Hay una evidente economía. Por otra parte, al ser la portadora Láser radiación luminosa, su frecuencia es muchísimo mayor que la de microondas, lo que le permite llevar un número de canales de Información enormemente superior. Por ej. el coaxial Mar del Plata - Bs. As. lleva 900 canales telefónicos, un haz de T.V. y un haz de reserva. Las fibras ópticas podrían llevar varios órdenes de magnitud de comunicaciones y varias decenas de canales de T.V.

Las fibras se usan también para las comunicaciones dentro de aviones y barcos, debido a que no hay interacción con campos electromagnéticos, y las comunicaciones son sin ruido. También se las usa para transmisiones de datos entre computadoras.

Los Láseres tienen una gran aplicación en la medición de distancias y para ello se utilizan diferentes técnicas, según la distancia a medirse y la precisión necesaria. En efecto la mayor distancia medida es como se sabe la que media entre la tierra y la luna, lograda en 1969 con una precisión de 50 cm. Este sistema se basa en la emisión de un pulso de Láser muy potente y de muy corta duración, y posterior captación de la reflexión de este pulso en la superficie lunar. Mientras el pulso va y vuelve reflejado, un reloj electrónico mide el tiempo que tarda el pulso en

hacer ese recorrido (del orden de 2,5 seg.) y lo hace con gran precisión".

Con este mismo método se pueden medir distancias sobre la superficie terrestre, con equipo de menor volumen que pueden ser incluso portátiles. La precisión es suficiente para ciertas aplicaciones.

Se han realizado giróscopos Láseres de cavidad triangular, y con un dispositivo similar se pueden medir también velocidad de flujo de fluidos.

Otra aplicación de los Láseres a la solución del problema energético que afronta el mundo, está relacionado con el control de la fusión nuclear, no lograda hasta el presente. El gran problema que afronta actualmente es producir fusión nuclear controlada, y la energía producida utilizarla en usinas para generar energía eléctrica.

La idea fundamental es comprimir violentamente, mediante pulsos de Láseres que llegan todos simultáneamente, una pequeña esfera que contiene deuterio y tritio, aumentando así la temperatura a millones de grados, lo cual generaría una gran cantidad de neutrones cuya energía se aprovecharía. Esta compresión requiere Láseres de gran tamaño, que generarían pulsos de potencia elevadísima. El Láser de neodimio en vidrio, que dispone EE.UU. con ese fin es como se dijo de centenas de TW. por pulsos.

En los próximos cinco años dicha potencia deberá ser multiplicada por 5 para alcanzar el nivel que teóricamente se ha predicho como aceptable para lograr la fusión nuclear controlada. Como se dijo anteriormente, se mencionó que se señalaría más adelante la importancia que tiene, si se lo hermana al adelanto de la fusión nuclear controlada. En efecto, si en lugar de usar Láseres de neodimio en vidrio, como se pretende hacer en estos momentos, se llegara en un futuro a poder usar los Láseres nucleares excitados por neutrones, como el proceso de fusión es un fuerte generador de neutrones, parte de estos podrían ser usados para excitar el mismo Láser que los genera y así no sería necesario tener que recurrir a otras fuentes de energía.

Nos queda por citar los Láseres utilizados en medicina, en el campo militar, maquinado mediante Láser, se pueden cortar, soldar, agujerear diversos metales, plásticos, gomas, etc.

