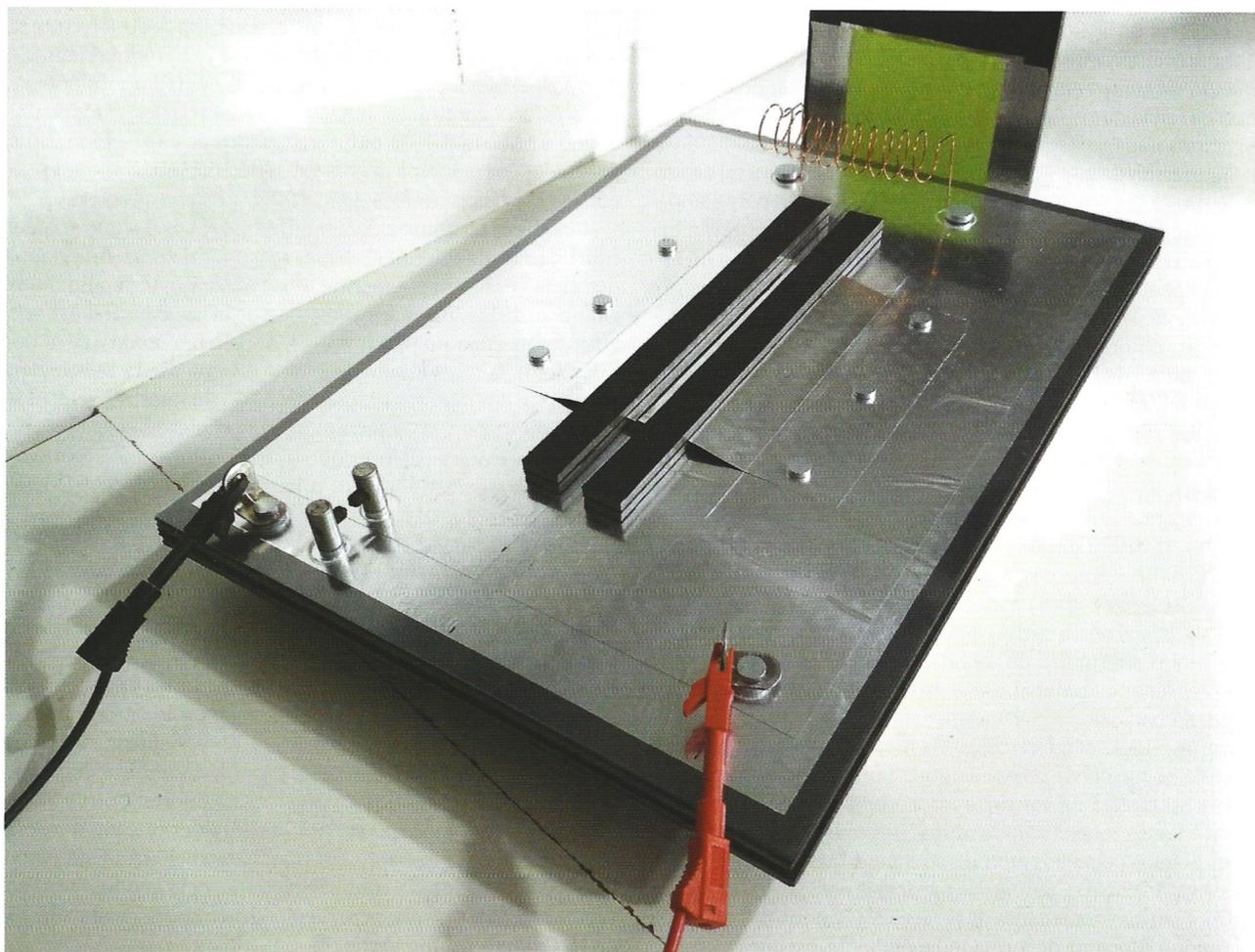




El láser ultravioleta de nitrógeno (I)

La construcción de un láser casero nos permite descubrir fenómenos eléctricos tan interesantes como el condensador de Blumlein



MONTAJE DEL LÁSER casero de nitrógeno (algunos elementos, como la cámara de descarga y los electrodos, se explicarán en la próxima entrega).

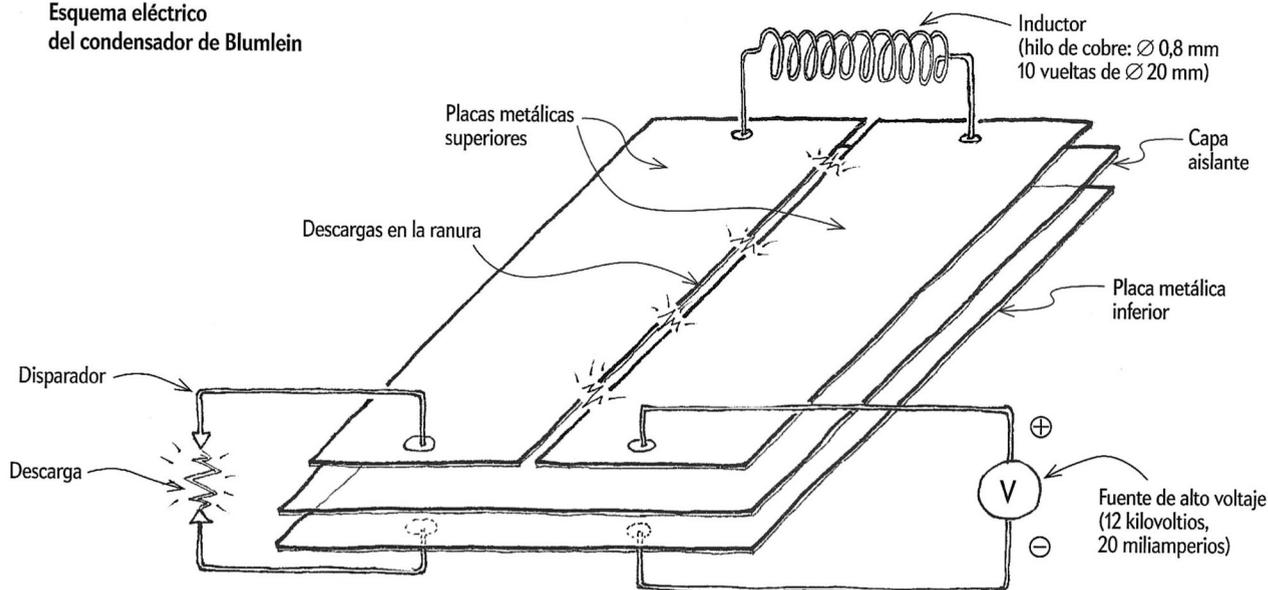
Entre los años sesenta y setenta del siglo pasado, el mundo científico y tecnológico vivía inmerso en una pequeña revolución. El láser (acrónimo de *light amplification by stimulated emission of radiation*), que es como se llama al dispositivo capaz de emitir radiaciones electromagnéticas coherentes, evolucionaba a toda velocidad y encontraba aplicaciones en los más diversos ámbi-

tos. Lógicamente, los científicos aficionados no estaban al margen de ese progreso. Al contrario, con los años, el mundo de la ciencia de garaje demostró ser un excelente campo de cultivo para el desarrollo de láseres de lo más curiosos. Los primeros proyectos que se acometieron a nivel *amateur* consistieron en la replicación de los aparatos de la alta ciencia, pero pronto surgieron diseños originales

por su simplicidad y lo espartano de su construcción. El que hoy traemos a estas páginas es quizás el más clásico de entre todos ellos: el láser de nitrógeno a presión atmosférica.

Antes de entrar en los aspectos puramente constructivos, permítanme hacer una brevísima explicación, poco canónica, sobre las propiedades de estos instrumentos. Un láser es una «bombilla» muy es-

Esquema eléctrico del condensador de Blumlein



pecial. Para empezar, no emite luz en casi todas las direcciones, como suelen hacer las lámparas. El láser es direccional y concentra toda la radiación en un fino haz de mínima divergencia. En segundo lugar, tampoco emite luz en un amplio espectro, como hacen casi todos los radiadores ópticos. El láser produce radiaciones casi monocromáticas o, como mucho, limitadas a unas pocas frecuencias del espectro óptico. Más aun, a diferencia de todas las bujías que nos iluminan desde el paleolítico, que emiten cuantos de luz al azar, el láser lo hace de forma sincronizada: la emisión consiste en trenes de ondas perfectamente coherentes. Finalmente, debemos destacar que, además de todo lo anterior, la luz que emite un láser suele estar polarizada, es decir, que las ondas luminosas vibran solo en un plano.

La combinación de todas estas particularidades convierte a este sistema de generación óptica en una herramienta potentísima. Su desarrollo no fue fácil. Tras una carrera que había ocupado a investigadores y laboratorios durante varios años, en 1960 se consiguió fabricar el primer láser operativo. Los primeros funcionaban por bombeo óptico. Se situaba una varilla de rubí sintético en las proximidades de una lámpara de *flash* superpotente. Cada ráfaga de luz estimulaba la emisión, en el seno del rubí, de radiación luminosa en el lado rojo oscuro del espectro, coherente, monocromática, polarizada y muy concentrada.

En los años siguientes, la producción de radiación láser se consiguió mediante los más variados métodos de bombeo o excitación. Llegaron luego la estimula-

ción eléctrica, la electrónica, la química, la gasodinámica y otras más. Asimismo, se logró en las más diversas sustancias: cristales, gases, gases moleculares, vapores metálicos, colorantes orgánicos, etcétera. Hoy disponemos de láseres desde el ultravioleta más duro al infrarrojo lejano, con potencias que van de los milivatios a los megavatios, capaces de mantener diminutas partículas en suspensión o de medir la distancia hasta la luna.

Quizá por todo ello, el láser sigue ofreciendo un campo fértil para el amante de la ciencia experimental. Si bien la construcción casera de un láser plantea todo un reto, es posible. Y ello se lo debemos, sobre todo, a James S. Small, quien, a principios de los setenta, siendo un joven graduado en física por el Instituto de Tecnología de Massachusetts, desarrolló y patentó un láser de nitrógeno de gran simplicidad. Así pues, nos proponemos la construcción de una versión todavía más simple y ligeramente modernizada de ese aparato, como paso previo a la acometida de proyectos más complejos. Para poder explicar con mayor detalle el proceso, le dedicaremos dos entregas. La primera se centrará en la construcción de la parte electrónica. La segunda incluirá la construcción de la cámara de descarga, así como la fase de ajustes y mejoras.

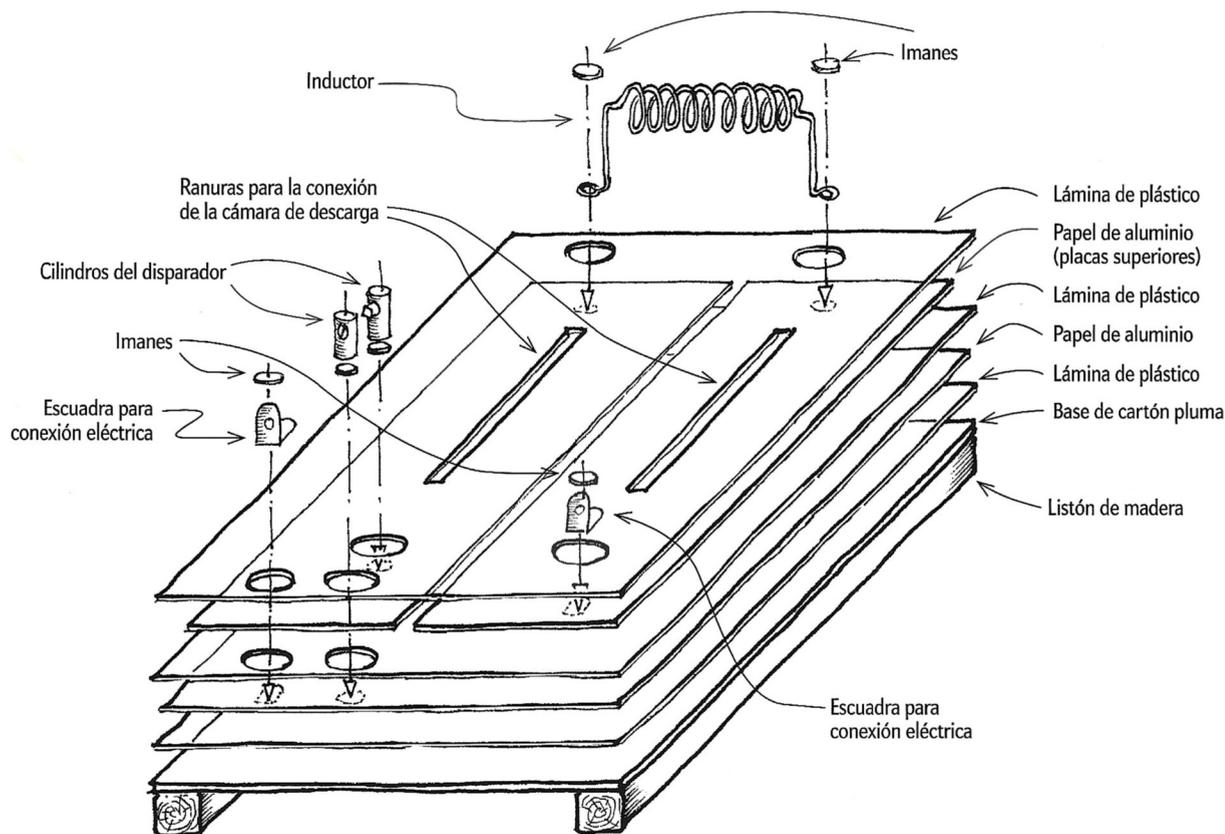
La fuente de alta tensión

Lo primero y fundamental es disponer de una fuente de alimentación de alta tensión de corriente continua. Varias son las posibilidades. La más segura es una fuente de las de laboratorio de enseñan-

za secundaria. La que tengo en mi taller proporciona 12.000 voltios con una intensidad de 20 miliamperios. Una segunda opción —infinitamente más peligrosa— es servirse de un transformador para rótulos de neón, un clásico entre los científicos aficionados que debe manejarse con mucho, mucho cuidado [véase «Auroras boreales caseras», por Marc Boada Ferrer; *Investigación y Ciencia*, junio de 2018]. Pero hay más. Algunos experimentadores modifican el transformador de un viejo tubo de televisión, e incluso utilizan máquinas de influencia o de fricción, como los generadores de Wismurth o de Van der Graff. Sea como fuere, con nuestro manantial de alta tensión instalado en el laboratorio podremos pasar a los subsistemas siguientes.

El condensador de Blumlein

Aclaremos antes que la producción de radiación láser mediante el nitrógeno atmosférico se consigue solo sometiendo este a una potente descarga eléctrica. De hecho, debe ser tan potente que nuestra fuente de alimentación no bastará. Necesitamos un pico de tensión extremadamente intenso y, por tanto, extremadamente corto. Ello se consigue con un arreglo electrónico más que interesante: el dispositivo o condensador de Blumlein (*Blumlein switching*). Este aparato —que por sí mismo ya es tan interesante que vale la pena construirlo—, no es más que un condensador eléctrico que se carga lentamente, durante unas décimas de segundo, y se descarga muy rápido, en unos pocos nanosegundos. Es decir, el condensador entrega toda la ener-



gía almacenada en unas cien millonésimas partes del tiempo que tardó en cargarse. Por tanto, el pico de energía asciende a kilovatios (o incluso más, en los modelos de gran tamaño). ¿Cómo se consigue esto? Pues con un curioso método que debemos al científico e inventor Alan Dower Blumlein.

Observemos el esquema eléctrico. Tenemos una placa metálica inferior y dos placas metálicas superiores conectadas a la fuente de alta tensión. Entre las de arriba y la de abajo se encuentra una capa aislante, con lo que se configura un condensador. Fijémonos en ciertos detalles. El primero es que las dos placas de arriba están conectadas entre sí mediante una espiral de cobre, llamada inductor, que es conductora; por tanto, las dos placas se cargan a la vez. El segundo detalle esencial es que las dos placas están separadas por una distancia muy corta. Finalmente, comprobaremos que existe un mecanismo que llamamos disparador, que consiste en dos puntas metálicas muy juntas y conectadas una a la placa metálica inferior y la otra a una de las placas metálicas superiores.

Confieso que me costó bastante entender el curioso funcionamiento de este dispositivo, pero su comprensión es esencial para la construcción de nuestro

láser y para muchas otras aplicaciones de la alta tensión. Intentemos visualizar el fenómeno Blumlein. Cuando conectamos la fuente de alta tensión a las placas del condensador, estas se cargan progresivamente de electricidad; la carga va aumentando hasta que llega un momento en que en el disparador salta una chispa. Se ha producido una descarga disruptiva, casi instantánea, entre la placa inferior y una de las superiores; la descarga es tan rápida que la otra placa superior, para mantener la misma carga que su compañera, debe entregarle, rápidamente, toda la energía acumulada. Pero hay un obstáculo: el inductor.

Observemos que, mientras las placas se cargan lentamente, por el inductor circula solo una baja intensidad (la que proporciona la fuente). Pero observemos también que, cuando en el disparador salta la chispa, por el inductor debería circular una gran carga en un lapso de tiempo muy breve. Ello hace que aparezcan en el inductor campos magnéticos inducidos —de aquí el nombre—, que frenan el desplazamiento de las cargas eléctricas. La resistencia al paso de la corriente por autoinducción es tan importante que las cargas eléctricas acaban encontrando un camino más fácil: saltan entre las dos pla-

cas superiores a través de la ranura que existe entre ellas.

La descarga en la ranura, un auténtico chispazo, es precisamente la que produce la emisión láser, ya que dispone de tanta energía que ioniza las moléculas de nitrógeno atmosférico que encuentra en su camino. Estas, excitadas electrónicamente, emiten luz en un breve pulso de unos pocos nanosegundos de duración, en el que la ganancia óptica de la descarga es tan grande que la emisión se vuelve superradiante, hasta convertirse en un fuerte *flash*. (A escala atómica, el proceso es complejísimo y su descripción escapa a nuestros objetivos, pero el lector interesado encontrará abundantísima literatura al respecto.)

Ahora que ya sabemos cuál es el mecanismo de acción del conjunto de los condensadores, y antes de pasar a la parte constructiva, aclaremos que, en la práctica, la descarga no se producirá entre las dos placas superiores del condensador, sino en unos electrodos alojados en una cámara especial. Pero esto ya lo explicaremos detalladamente en la próxima entrega.

Fase de construcción

Pasemos, por fin, a la construcción. Vamos a utilizar una técnica basada en apilar capas, cada una con un desempeño concreto.

Debemos tener en cuenta que las dimensiones del conjunto no son críticas; así pues, las que damos a continuación pueden variarse un poco en función de los materiales que tengamos a disposición. Aquí nos hemos basado en un formato muy próximo al que utilizó Small en su primer dispositivo: las dimensiones de una hoja DIN A3 (420 × 297 milímetros).

Tomemos un cartón pluma de tamaño DIN A3 de 5 milímetros de espesor; será la base de nuestro emisor láser. En su cara inferior podemos encolar un par de listones de madera de 2 × 2 centímetros de sección que aportarán rigidez al conjunto. Una vez seca la cola, colocaremos en la cara superior una placa aislante, ya que el papel es ligeramente higroscópico. Todas las placas aislantes las confeccionaremos con el mismo material y, como servirán también para el condensador, deben ser tan delgadas como sea posible. ¿Por qué? Pues porque cuanto más próximas están las dos placas de un condensador, más carga pueden acumular. Naturalmente, si son demasiado delgadas y la tensión es muy elevada, acaba por aparecer una descarga entre las placas del condensador que perfora la placa aislante y, por tanto, arruina el trabajo.

En mis primeras pruebas utilicé a modo de aislante polietileno transparente, del que se utiliza para forrar libros, de 0,06 milímetros de espesor. Producía unos chispazos espectaculares. Pero, tras varias perforaciones, trabajando a 12 kilovoltios, decidí pasarme al plástico que se utiliza para los marcos de fotografía. En este caso, me pasé de largo. Son placas de poliestireno, brillantes por una cara y mate por la otra, con un espesor de 1,15 milímetros. Quizás es un poco excesivo, ya que las descargas no son ni mucho menos tan potentes, pero funciona. Ahora utilizo hojas de acetato para encuadernar portafolios, que tienen un espesor de 0,18 milímetros. Óptimo. (Decimos esto para mostrar que el constructor tiene, de nuevo, un amplio margen de maniobra.)

Así pues, pondremos una hoja DIN A3 de acetato sobre el cartón pluma y sobre esta la primera lámina del condensador, que materializaremos con hoja de aluminio de uso doméstico, el de cocina. Esta hoja de aluminio debe ser algo más pequeña (*la diferencia de tamaños apenas puede apreciarse en el dibujo*), para dejar un margen limpio de 1 centímetro en todo el perímetro. Es importantísimo que trabajemos con limpieza, para que no quede ni una mota de polvo entre las capas que

SI TE INTERESA ESTE TEMA...

La aparición del primer láser en 1960 marcó el inicio de una nueva era científica y técnica. Este monográfico ofrece un recorrido por los orígenes y el desarrollo de tan revolucionario invento, fruto de una intensa carrera por la innovación y el conocimiento.

www.investigacionyciencia.es/revistas/temas

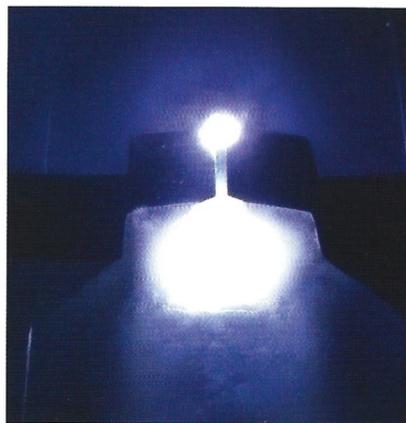


vamos aplicando, ya que serían puntos de fuga eléctrica y, por tanto, posibles perforaciones. Alisaremos la lámina de aluminio para poner sobre esta otra de acetato. Eso sí, tal y como vemos en el dibujo, a esta lamina plástica le recortaremos una ventana circular de 15 milímetros de diámetro para instalar una de las piezas del disparador.

Pasemos a otra capa y cortemos dos hojas de aluminio de 380 × 125 milímetros que serán las placas superiores del condensador. Las dispondremos perfectamente paralelas y separadas por un espacio de unos 15 milímetros. Pongamos ahora otra pieza de acetato, pero, atención, esta tiene seis ventanas. A un lado hay una abertura que es muy próxima a la que ya habíamos hecho en el acetato de más abajo, que será para el disparador y en la misma cara; al otro lado practicaremos otra ventana para la conexión a la fuente de alta tensión mediante una pequeña escuadra. Luego, al otro extremo, abriremos dos ventanas más, para colocar el inductor. Finalmente, en la zona central recortaremos dos largas ranuras por donde conectaremos la cámara de descarga a las placas superiores del condensador. Fijaremos el conjunto con algunas pinzas para papel y al final lo sellaremos con cinta adhesiva en todo el perímetro.

El remate de la parte eléctrica pasa por construir el disparador y el inductor. El primero será el encargado de producir las chispas, y lo fabricaremos a partir de unas tuercas especiales que encontraremos en la ferretería. Sirven para ensamblar muebles y disponen de un agujero roscado. Con dos de estas piezas, dotadas de dos tornillos terminados en punta o esfera, configuraremos este chispero que quedará fijado en su posición gracias a cuatro imanes, dos arriba unidos magnéticamente a las tuercas y dos más abajo, en el cartón de la base (*los de abajo no se muestran en el dibujo*). Haremos algo parecido con

la inducción. Buscaremos alambre de cobre esmaltado de 0,8 milímetros de diámetro. Enrollaremos 10 u 11 vueltas sobre un cilindro de unos 18 milímetros y dejaremos unas patas de 60 u 80 milímetros de longitud que lijaremos para eliminar la laca aislante. Luego moldearemos en los extremos libres el alambre para hacer un círculo que colocaremos en las ventanas superiores del acetato y lo fijaremos con cuatro imanes más, de forma que tendrá un contacto eléctrico excelente con las dos placas de aluminio.



Llegados a estas alturas, podemos hacer una emocionante prueba previa. Ponemos una escuadra en cada una de las ventanas de alimentación y la fijamos con el sistema de los imanes. Ponemos luego un par de piezas de chapa delgada de aluminio en forma de Z sobre las placas superiores, dejando entre ellas un espacio de 4 o 5 milímetros. Conectamos la fuente de alta tensión a las escuadras y activamos el interruptor. Si todo va bien, un potentísimo chispazo saltará entre los electrodos en forma de Z (*fotografía*). ¡Nuestro condensador de Blumlein funciona perfectamente! Podemos pasar, pues, a la parte final de la construcción del láser. Pero eso será en la próxima entrega. 