

### 1. Láser de Nd:YAG. Cavidades.

En el laboratorio hay espejos planos de varias reflectividades entre 80% y 98% -es muy difícil hacer lasear estos equipos con el espejo de 80%- , y espejos curvos de alta reflectividad de 50cm de radio de curvatura. Con los primeros se pueden armar cavidades plano-paralelas, y con combinando estos con los espejos curvos, se pueden armar cavidades en "V", de manera de obtener cavidades estables, con un modo transversal del campo EM definido. El esquema de una de estas cavidades es como se muestra en la figura 3.

Una cavidad con esta configuración es estable en una amplia región del espacio de los parámetros libres, que son los largos de los brazos de la cavidad,  $a$  y  $b$ . Despreciando el astigmatismo que produce la incidencia en ángulo sobre el espejo curvo, esta región es la que se muestra en la Fig. 4.

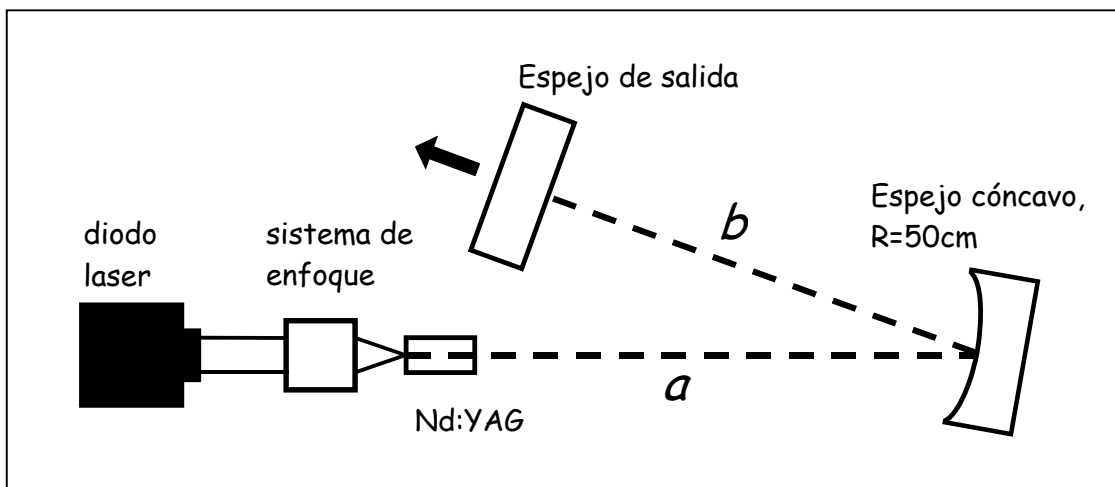


Figura 3: Esquema de la cavidad en "V" para los láseres de Nd:YAG bombeados por diodos del laboratorio

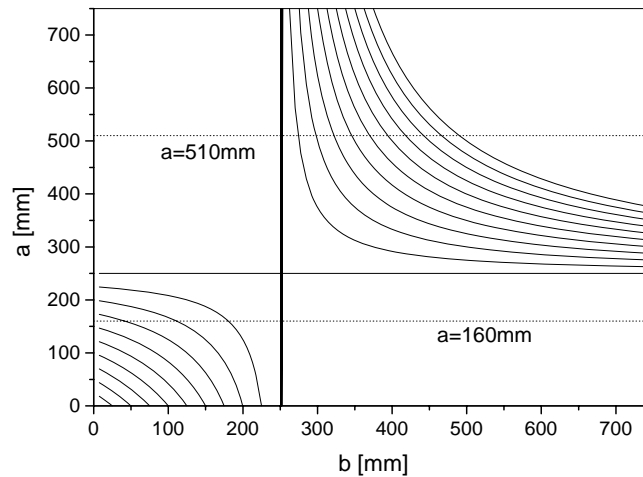


Figura 4: Zonas de estabilidad de una cavidad como la de la figura 3, en función de los largos de los brazos  $a$  y  $b$ .

Para alinear una cavidad en "V" se puede armar previamente una cavidad plano-paralela, cuya emisión servirá como haz de alineación para ir ubicando los distintos elementos de la cavidad a partir del Nd:YAG. La alineación final se realiza retocando el espejo de salida de la cavidad larga, haciendo coincidir las reflexiones múltiples dentro de la cavidad. Posteriormente se retira el espejo plano que conformaba la cavidad plana.

Ya sea sobre las cavidades plano-paralelas o sobre las cavidades definidas estables, se puede levantar la curva de eficiencia del láser en función de la potencia de bombeo. Esta medición se puede hacer para distintas configuraciones de la cavidad, y para distintos espejos de salida.

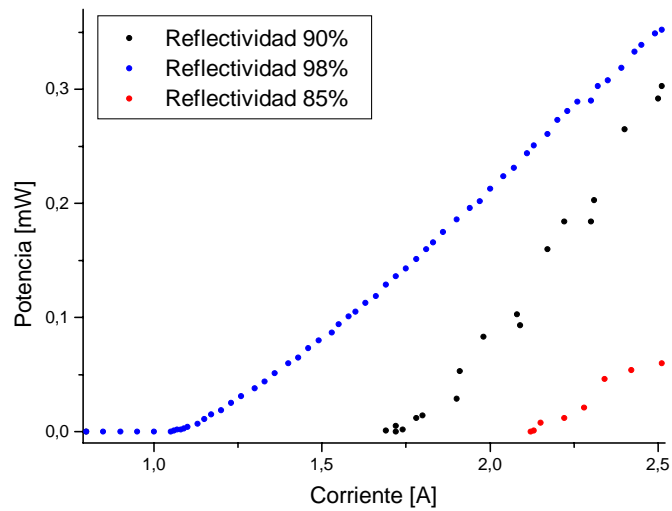


Figura 5: Curvas de eficiencia para distintas reflectividades del espejo de salida

En una cavidad estable, el modo del campo EM en la cavidad está bien definido por la configuración de la cavidad. Por lo tanto, al variar las dimensiones de la cavidad, también cambiará el tamaño del modo sobre el Nd:YAG. Como el bombeo se enfoca sobre el Nd:YAG en un área definida, al cambiar el área del modo cambiará la ganancia de la cavidad. Esto se puede observar midiendo la corriente umbral de bombeo para distintas configuraciones de la cavidad. En la Figura 6 se muestran dos de estas mediciones, para dos valores de  $a$  y variando  $b$  (ver figura 4). Se puede ver que al acercarse al límite de estabilidad en  $b=250\text{mm}$  el tamaño del modo sobre el Nd:YAG se hace cada vez más grande, por lo que la fracción del área del modo que será amplificada es cada vez menor, provocando un aumento de la corriente umbral. En el otro extremo, el área del modo láser es menor que el área del bombeo, por lo que el umbral se reducirá; sin embargo la eficiencia no será buena porque se desperdicia una parte del volumen excitado. Existirá una región óptima en los parámetros que es la que iguala aproximadamente los tamaños del modo láser y del bombeo.

Con cavidades en V es fácil hacer que el láser funcione en un modo transversal superior. Con espejos de 98% de salida se pueden observar modos TEM<sub>04</sub>, TEM<sub>22</sub>, etc. La estructura espacial del modo se puede medir con el método del filo: este

consiste en mover un borde agudo como el de una hoja de afeitador a través del modo, pasando de taparlo completamente a

dejarlo descubierto. La radiación que pasa por esta máscara se registra con un detector.

Registrando el desplazamiento del filo y la intensidad incidente en el detector, se obtiene la

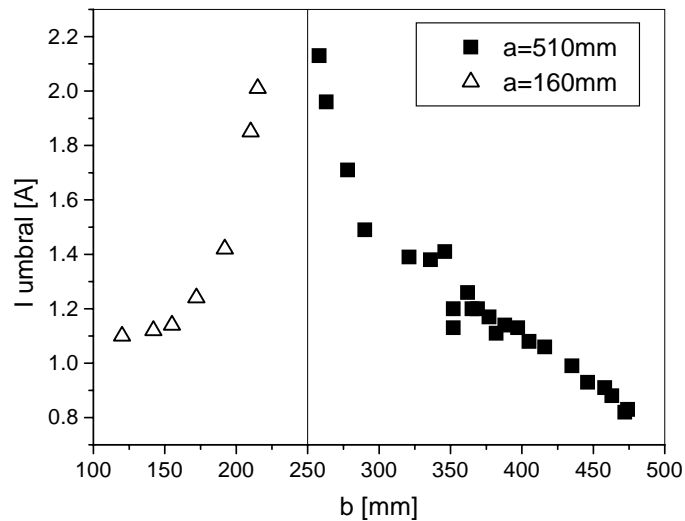


Figura 6. Valores de corriente umbral para distintas configuraciones de la cavidad.

integral espacial del modo. En la figura 7 se muestran las mediciones y sus derivadas para los modos TEM00 y TEM 01.

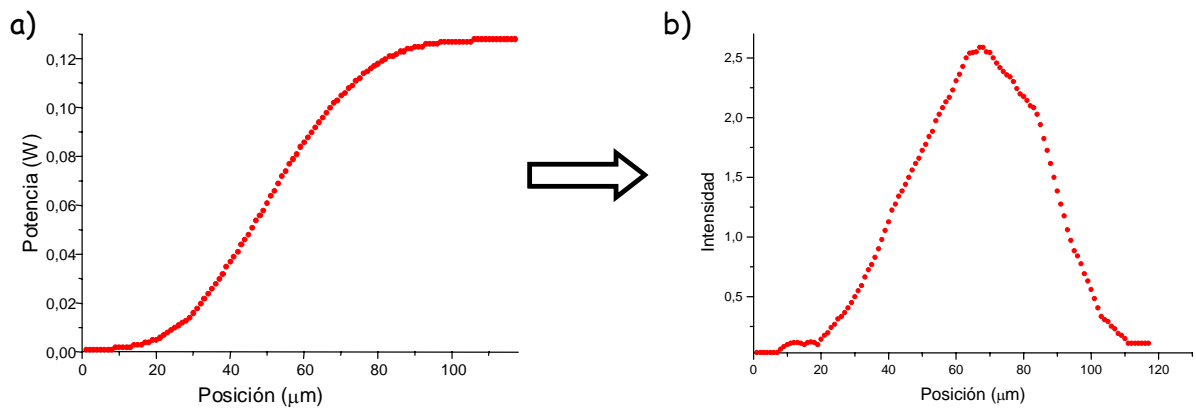


Figura 7: a) Medición del modo transversal TEM00 y b) reconstrucción de la forma espacial del modo

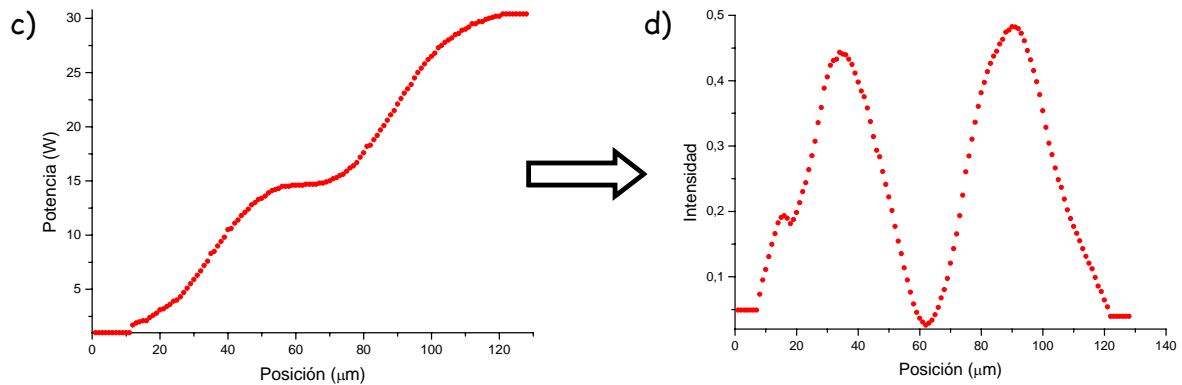


Figura 7: c) Medición del modo transversal TEM01 y  
d) reconstrucción de la forma espacial del modo

Para medir estructuras más complicadas se puede "automatizar" este último método, cortando el haz del láser con un chopper y registrando la señal del láser en un osciloscopio.

## 2. Q-Switch activo, Q-Switch pasivo y generación de segunda armónica

### Q-Switch activo

Para armar un láser pulsado por Q-Switch utilizamos una cavidad en "V". El largo de la cavidad y la reflectividad del espejo de salida, además de afectar el funcionamiento general de la cavidad, determinan la duración de los pulsos. Cavidades más largas y reflectividades mayores producen pulsos más largos. Para obtener pulsos de Q-Switch activo, en nuestro caso con un modulador acusto-óptico, lo único que se requiere es que el haz no sea diafragmado en las ventanas del modulador. Esencialmente es indiferente a su ubicación dentro de la cavidad. Por ejemplo, en una cavidad con  $a=600\text{mm}$ ,  $b=350\text{mm}$  y un espejo de salida de 94% de reflectividad, se obtienen pulsos de unos 200ns de duración FWHM. La frecuencia de repetición de los pulsos se puede variar desde la fuente del modulador, y está limitada por el tiempo de fluorescencia del Nd:YAG:  $\sim 230\mu\text{s}$ .

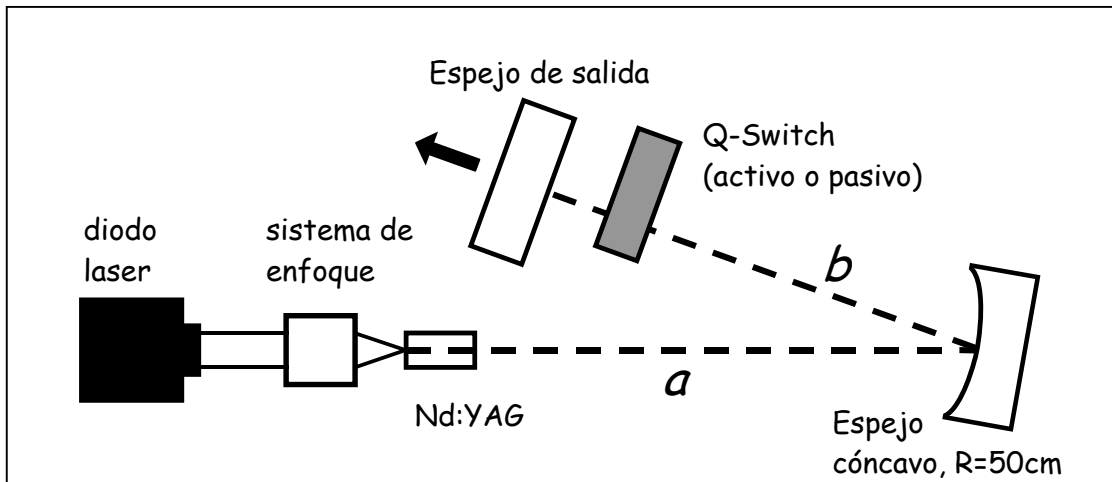


Figura 8: Cavidad y ubicación típica del generador de pulsos de Q-Switch (modulador o absorbente saturable)

### Q-Switch pasivo

Para construir un láser con Q-Switch por absorbente saturable, también usamos una cavidad en V. En este caso, el área del modo láser sobre el absorbente determina la dinámica de los pulsos; si el haz está enfocado, se llega rápidamente a la condición de segundo umbral (donde el absorbente se satura, y por lo tanto los pulsos son angostos, bien definidos y de potencia pico alta). Por el contrario, si el área del modo sobre el absorbente es grande, puede que para potencias bajas de bombeo la salida del láser no sea pulsada sino una modulación del continuo. Es por esto que al diseñar la cavidad debe tratar de obtenerse un modo muy pequeño en alguna zona de la misma. Esta zona típicamente es cerca del espejo de salida, en cavidades cerca del límite de estabilidad geométrica. En este caso, la frecuencia de repetición de los pulsos no está dada por un forzado externo, sino que queda determinada exclusivamente por la dinámica del sistema.

### Generación de Segunda Armónica

Para generar segunda armónica con buena eficiencia, es fundamental contar con una alta intensidad del campo, ya que la (baja) eficiencia este efecto es dependiente de la intensidad. Por lo tanto, usamos también una cavidad en V, pero con un espejo de alta

reflectividad en vez del espejo de salida (este podría ser plano, pero como en el laboratorio no hay usamos uno de 10 metros de radio de curvatura).

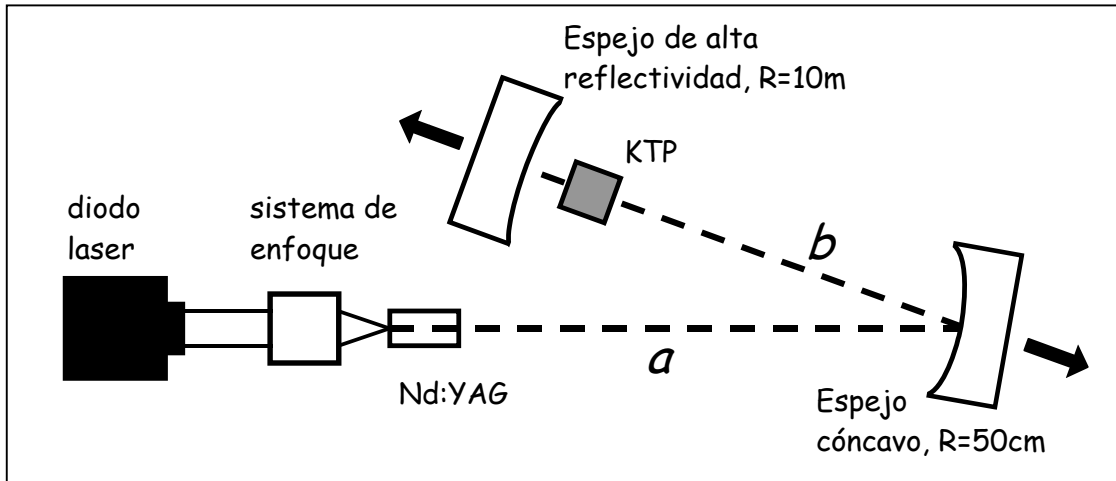


Figura 9: Cavidad utilizada para generar segunda armónica

El sistema no es el óptimo, ya que la radiación de segunda armónica sale de la cavidad por los dos espejos curvos al no tener éstos recubrimientos reflectantes para esta longitud de onda.

El material no lineal utilizado para generar segunda armónica en 1064nm es el cristal KTP.

Este se ubica en una zona de la cavidad donde el modo sea lo más chico posible, tratando de maximizar la intensidad del campo sobre el cristal. La alineación del cristal es crítica para obtener buena eficiencia de doblado, y la eficiencia en función de la orientación del cristal tiene la forma de un *sinc*.

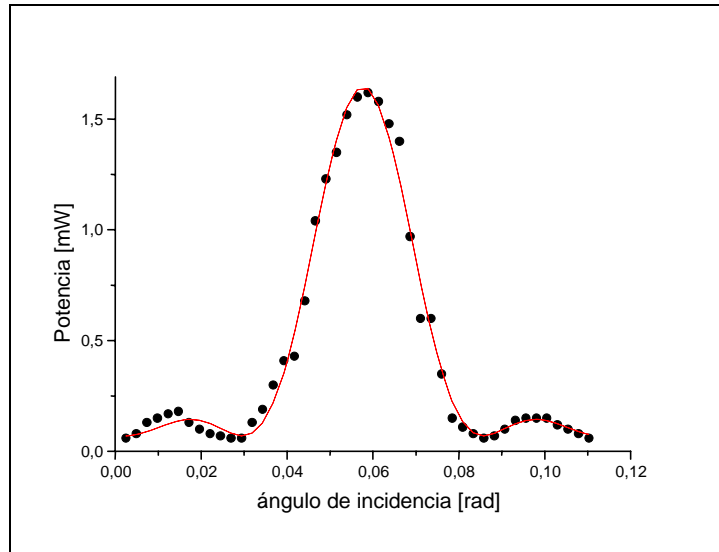


Figura 10: Potencia de segunda armónica (532nm) en función del ángulo de incidencia del haz sobre el cristal

Una vez alineado el cristal, se puede observar la dependencia de la conversión con la potencia, típicamente cuadrática, levantando la curva de eficiencia para la onda fundamental y para la segunda armónica.

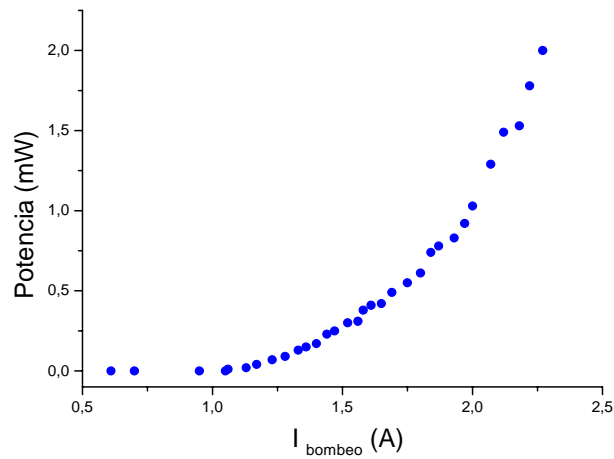


Figura 11: Potencia en 532nm en función de la corriente de bombeo. (comparar con Fig.5)