

Caracterización de los diámetros efectivos de láseres He-Ne mediante la implementación de la prueba de la navaja

Objetivos

Emplear la prueba de la navaja con el fin de hallar el diámetro efectivo del haz de un láser de composición He-Ne.

Introducción

La palabra láser proviene del acrónimo en inglés Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation; si bien el nombre no indica del todo cual es el funcionamiento, si nos permite saber que se basa en los principios de la amplificación de la luz, los láseres son fuentes de luz cuya característica más importante es que son coherentes tanto espacial como temporalmente, esta coherencia se consigue cuando las amplitudes relativas de la onda del rayo de luz están en fase. O entendiéndolo de otra manera, la luz generada viaja en la misma dirección de manera muy ordenada en tiempo y espacio. Esto claro si consideramos un láser estabilizado, sin embargo no todos los láseres del mercado cuentan con esta función.

En los casos que el láser no cuente con un haz estabilizado, este perderá su coherencia generando una dispersión siguiendo una forma gaussiana, en la figura 1 puede encontrar una representación del comportamiento de propagación de un haz gaussiano.

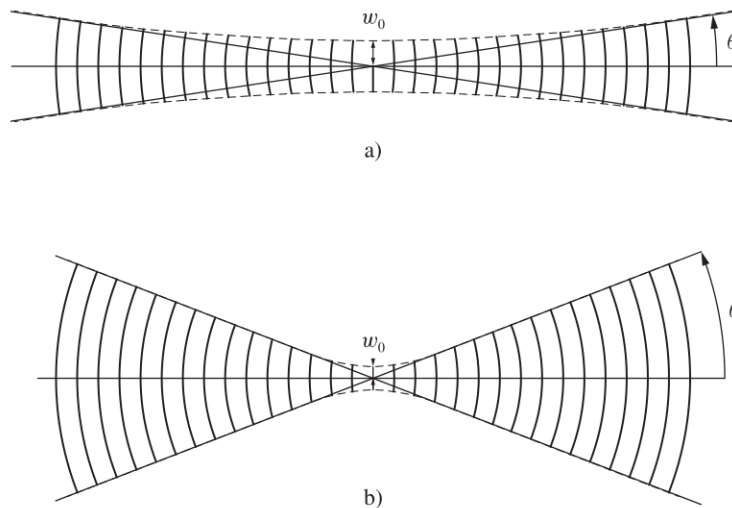


Figura 1. Propagación de haces gaussianos: a) cintura grande y divergencia pequeña y b) cintura pequeña y divergencia grande.

En la Figura 2, se muestra el comportamiento del haz, por medio de su frente de onda, al converger y diverger. A una distancia L del foco, el radio de curvatura del frente de onda está dado por

$$R = L + \frac{\pi^2 w_0^4}{\lambda^2 L} \quad (1)$$

Donde w_0 es el semidiámetro de la cintura.

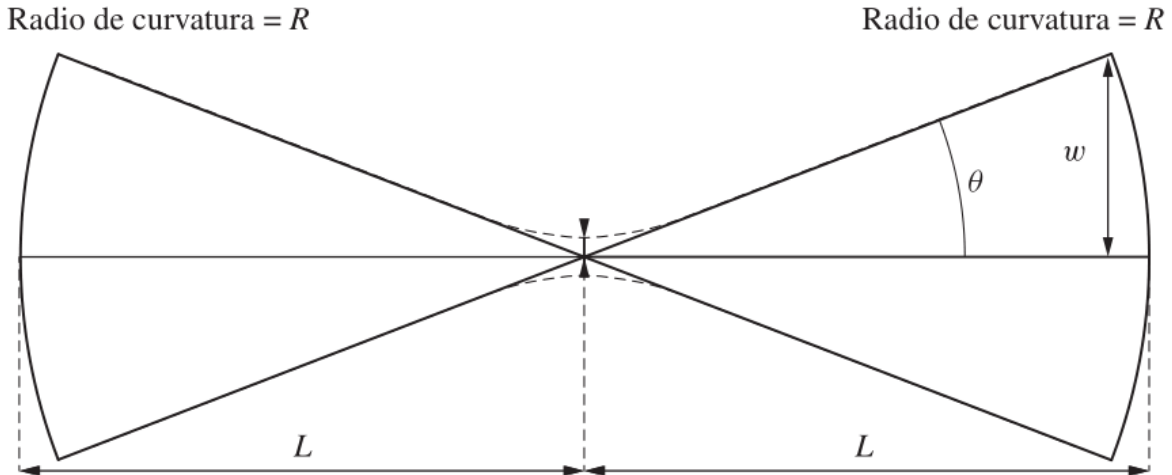


Figura 2. Parámetros en un haz gaussiano.

Una consecuencia muy interesante de este resultado es que el foco de un frente esférico convergente gaussiano no está en su centro de curvatura. La distancia entre el foco y el centro de la curvatura es el último término de la ecuación (1). El centro de la curvatura del frente de onda y el foco coinciden solamente cuando el ángulo de convergencia θ , expresado en radianes, es mucho mayor que $[\lambda/(\pi L)]^2$. El semidiámetro w (Figura 2) del frente de onda a una distancia L del foco está dado por:

$$w = \left(w_0^2 + \frac{\lambda^2 L^2}{\pi^2 w_0^2} \right)^{1/2} \quad (2)$$

Material

- 1 Láser He-Ne 632.8nm.
- Medidor de potencia y energía 13PEM001/J.
- Nivel de gota.
- Gato mecánico.
- Flexómetro.
- Base micrométrica.
- Navaja de afeitar.
- Base magnética.

Procedimiento

1. Colocar un láser He-Ne sobre un gato mecánico y colocar un medidor de potencia y energía 13PEM001/J a una distancia de 2 m desde la salida del haz de luz láser, configurando la interface analógica/digital en unidades de mW y el renglo en “3” (Esto debido a que en general los láseres de He-Ne no sobrepasan los 5 mW de potencia), es importante que el offset de la interfaz marque 0.00 cuando el láser no incida sobre él, para ello tape la entrada de luz del sensor y gire la perilla de offset hasta que la pantalla digital marque 0.00 (Figura 3.A).

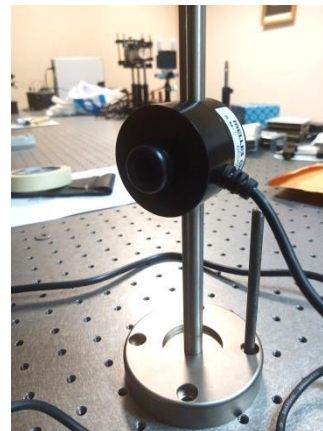


Figura 3. A) Interfaz del medidor de potencia y energía correctamente calibrada. B) Sensor de Potencia y energía.

2. Mediante el uso de un nivel de gota alinear el láser para que el haz no varíe de forma vertical mientras nos alejamos de la fuente ajustando la entrada del sensor (Figura 3.B) de forma que el haz incida completamente sobre él, ver figura 4.
3. Colocar una navaja de afeitar convencional en el borde de una base micrométrica y ubicar a una distancia $D=10$ cm con respecto a la salida de luz cuidando que el borde de la navaja coincida con el borde del haz de luz láser (Figura 4).

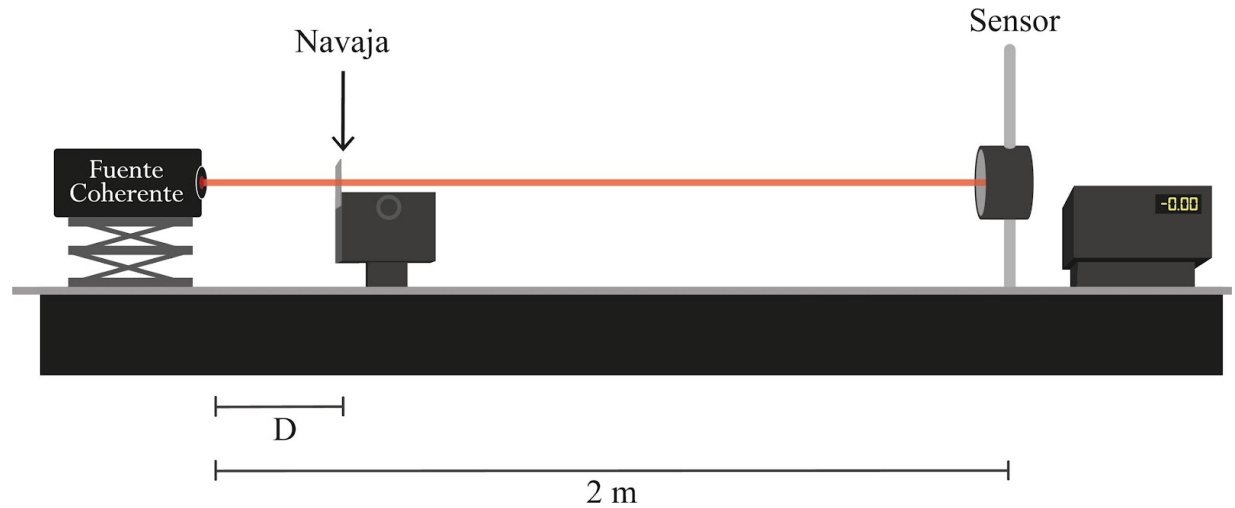


Figura 4. Esquema del sistema ensamblado correctamente.

4. Una vez alineada la navaja y cuidando que la posición de esta no varíe, y utilizando la perilla micrométrica de la base, ver figura 5.A, hacemos que la navaja cubra poco a poco el haz de luz, para cada uno de los pasos del tambor del tornillo micrométrico, cree un libro de Excel, en donde deberá crear una tabla con las distancia recorrida de la navaja en el eje X (figura 5.B) y la intensidad que marca la interfaz del medidor de potencia en dicha distancia del recorrido (Tabla 1).

Tabla 1. Ejemplo de una tabla de datos de la prueba de la navaja.

Dist[m]	Int [mW]
0	0.81
0.000025	0.79
0.00005	0.79
0.000075	0.75
0.0001	0.75
0.000125	0.74
0.00015	0.72
0.000175	0.71
0.0002	0.69
0.000225	0.62
0.00025	0.58

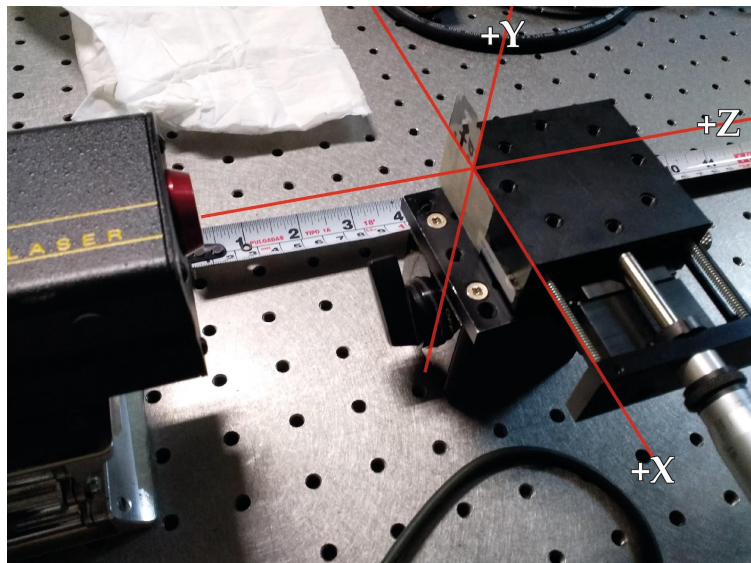


Figura 5. A) Tornillo micrométrico, el tambor cuenta con 25 pasos de $25\ \mu\text{m}$ cada uno.
B) Navaja montada sobre base micrométrica y marco de referencia de la navaja siendo z la dirección de propagación.

5. Cuando la pantalla digital del medidor de potencia y energía llegue a cero, movemos la navaja a una distancia “D” sobre el eje “Z” más lejana y repetimos el proceso al menos 3 veces a las distancias de 20 cm, 40 cm, 70 cm, 120 cm o 150 cm.

Análisis De Resultados.

1. Para poder analizar los datos obtenidos se sugiere usar el software Matlab y para ello es necesario exportar los datos obtenidos en formato csv. (Anexo 1)

2. Analice los datos con el software Matlab y cree una gráfica de ajuste con la siguiente ecuación como referencia: $2 \cdot I \cdot (1 - \text{erf}(\sqrt{2} \cdot (x - x_0)/r))$ (Anexo 2)
3. En la parte izquierda de la ventana podrá observar diversos datos, de los cuales debe guardar la “**R**” de correlación y “**r**” (Diámetro efectivo), y agregar “**z**” (distancia longitudinal medida por el estudiante) la cual es la distancia a la que se encuentra la navaja con respecto al láser. Crear una sola tabla para todos los datos de las pruebas en un archivo en Excel y exportarlo a formato csv (Solo seleccionar los valores de z y r).
4. Analizar los datos de este nuevo archivo y crear un ajuste, para este caso utilizaremos la siguiente recta de aproximación: $w_0 \cdot \sqrt{1 + ((x - x_0)/zr)^2}$
5. Nuevamente guardar los datos que aparecen en el costado izquierdo de la ventana, en esta ocasión debe guardar “**W₀**”, “**Zr**” y “**R**”
6. Analizar el significado físico de los valores obtenidos y concluir.

Preguntas

1. En base a lo observado en sus mediciones. Imagine que realiza una medición a 2m o más, ¿Cómo se comportaría el diámetro del láser?
2. ¿Qué importancia tiene caracterizar un láser?
3. Los láseres teóricamente son fuentes de luz coherente, ¿Esto corresponde también en la práctica? ¿Por qué?

Anexo1

Procedimiento para exportar un archivo .csv

1. Seleccionar en su totalidad las celdas que contienen los datos obtenidos.
2. Dirigirse a la pestaña “Archivo” y dentro seleccionar la opción de “Exportar”.

En algunos casos esa opción no existe por lo que para estos casos debe usar la opción “Guardar como”. En estos casos puede encontrar el formato expandiendo la pestaña de opciones de formato.

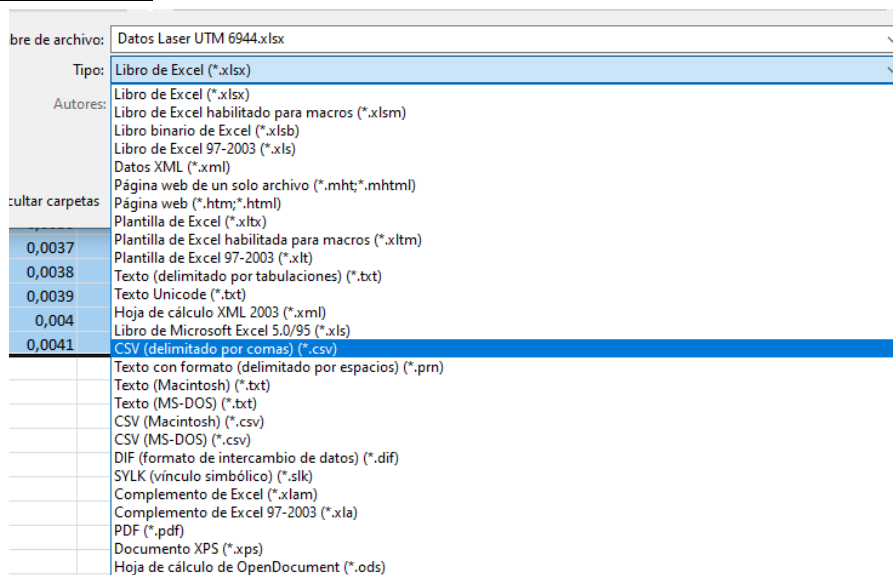


Figura 6. Pestaña de selección de formato.

3. Dentro del apartado Exportar se puede encontrar la opción de “Cambiar el tipo de archivo” donde encontrara el formato csv(delimitado por comas), seleccione ese formato y lo guardaremos.

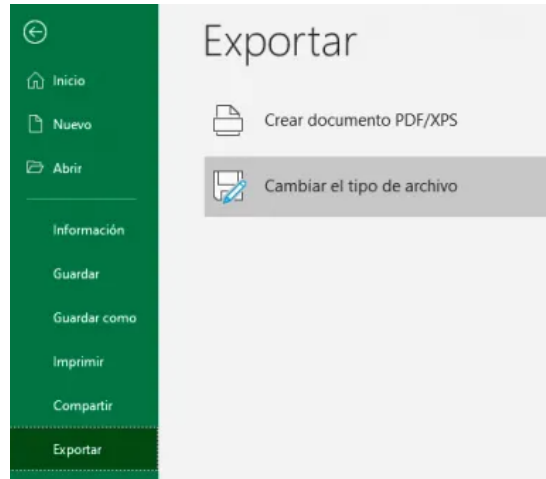


Figura 7.

Anexo2

Procedimiento para analizar tablas mediante el uso de matrices en Matlab.

Una vez que ya cuente con el archivo .csv iniciar el software de Matlab y crear un script nuevo donde escribirá el siguiente código. Donde el texto subrayado y en negritas debe ser cambiado por la dirección de la carpeta que el alumno este utilizando para guardar los archivos .csv, y en la cuarta línea debe ser colocado exacto del archivo, de lo contrario generara errores.

```
clear
clc
carpeta = 'C:\Users\usuario\Desktop\Practicas\';
nombre = strcat(carpeta, num2str( Nombre del archivo ), '.csv')
Datos= table2array(readtable(nombre));
z = Datos(:, 1);
W = Datos(:, 2);
```

Una vez que se ejecute el programa, aparecerá en un costado z y W como matrices de datos, dirigirse a la pestaña “APPS”, donde debe ingresar a la opción de “Curve Fitting” dentro de ella seleccionar los datos como en la siguiente imagen.

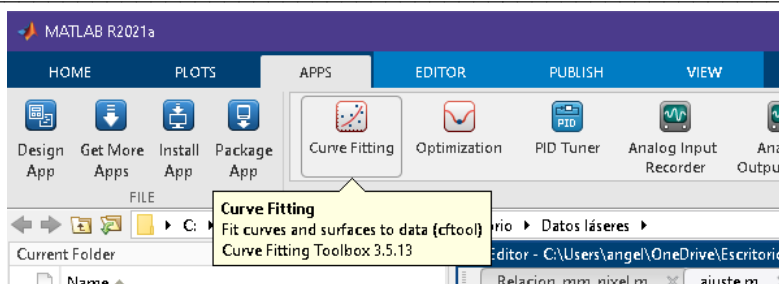


Figura 8. Herramienta Curve Fitting integrada en Matlab.

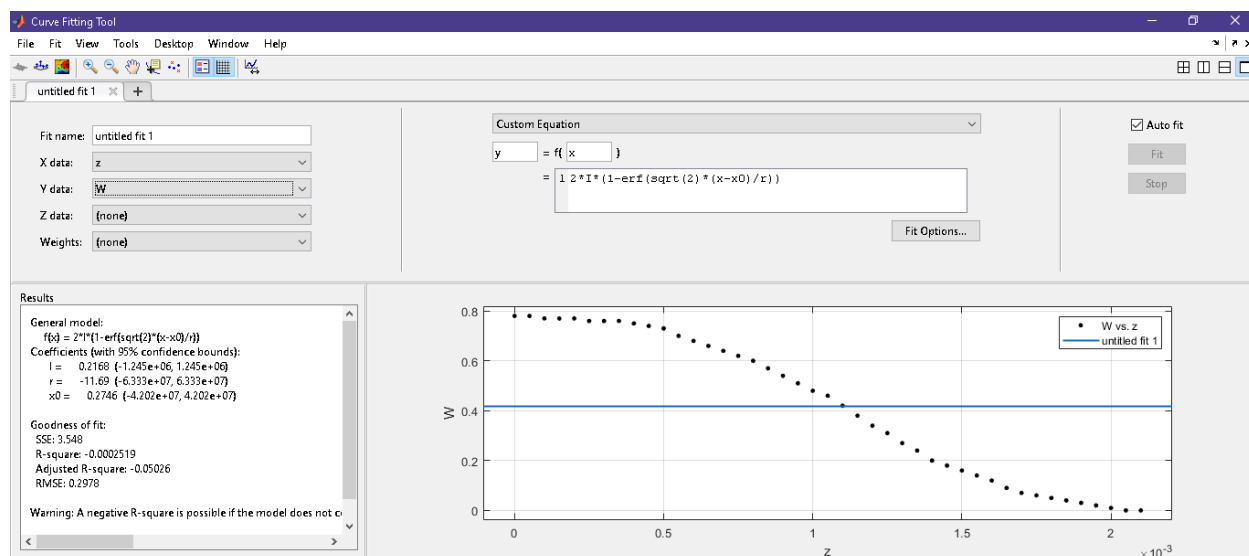


Figura 9. Pantalla correspondiente a la herramienta Curve Fitting.

Dependiendo de como se comporte los datos obtenidos por el alumno y cuales sean sus proporciones así será el ajuste de la curva, por lo que para obtener un buen ajuste, debe ingresar a la opción “Fit Options” ubicada justo debajo del cuadro de texto en el que inserto la ecuación de ajuste, aparecerá una nueva ventana donde debe colocar la siguiente configuración.

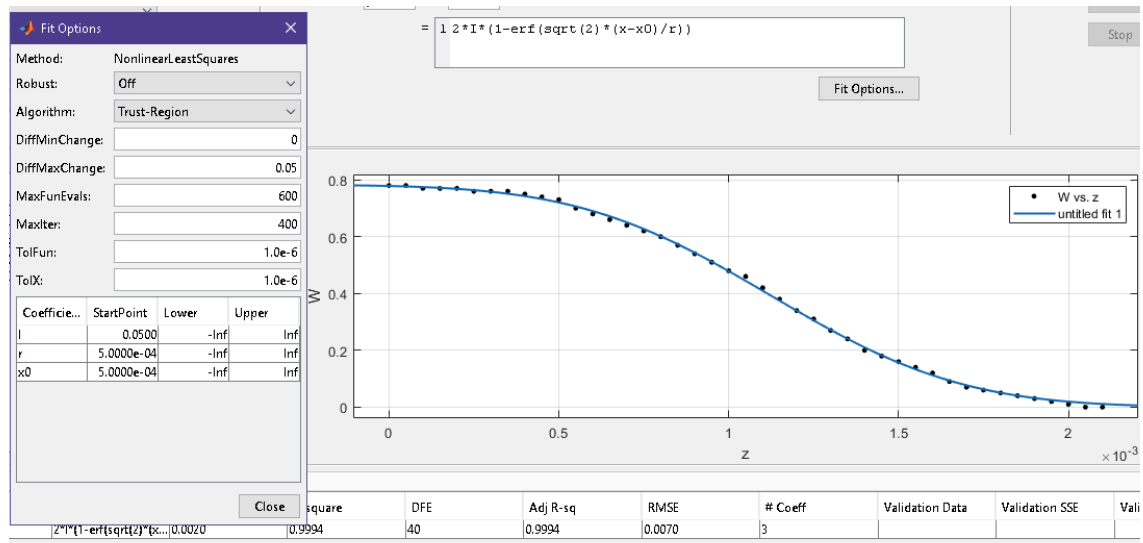


Figura 10. Tabla de opciones de ajuste y ejemplo de una curva ajustada correctamente.

En caso de que la curva no obtenga un buen ajuste, puede variar los valores de “StarPoint” multiplicando o dividiendo por 10 los valores anteriormente dados, pruebe hasta encontrar una configuración que se ajuste a sus datos.

Una vez que la curva se ajuste lo más posible a la curva de datos, tome nota de los resultados correspondientes y repita el proceso para las siguientes distancias.