

ALINEACIÓN ÓPTICA BÁSICA



Erick Barrios Barocio; Roxette Ramírez Arvidez.
Óptica v.2025

Para poder obtener resultados de calidad en experimentos de óptica y en sistemas ópticos, es muy importante saber cómo alinear dichos sistemas apropiadamente. En particular, saber cómo alinear un haz láser que sirva como guía para colocar los distintos elementos ópticos es de extrema utilidad.

Contenido

1	¿PORQUÉ ALINEAR UN SISTEMA ÓPTICO?	1
2	ALINEACIÓN DE UN HAZ LÁSER (EJE ÓPTICO).....	2
3	ALINEACIÓN DE UN ESPEJO PLANO.....	3
4	ALINEACIÓN DE LENTES.....	3
5	OTRAS CONFIGURACIONES TÍPICAS.....	4

1 ¿PORQUÉ ALINEAR UN SISTEMA ÓPTICO?

Para obtener imágenes (o resultados) de calidad es necesario alinear un sistema óptico. Por ejemplo, si tenemos la necesidad de diseñar y construir un sistema de lentes para una cámara fotográfica, todas las lentes deberán estar en posiciones específicas una respecto de otra, ya que de lo contrario el sistema producirá imágenes aberradas (con defectos) y de baja calidad.

En un sistema óptico, la guía de referencia para colocar los distintos elementos está definida por el *eje óptico*, el cual es la línea imaginaria respecto de la cual se colocan los distintos elementos ópticos. En el caso de lentes o espejos es común colocarlos de tal forma que sus *vértices* (o centros) y *ejes de simetría* se encuentren sobre el eje óptico (Figura 1a). Esto reduce las distorsiones en las imágenes, ya que los rayos de luz pasan a través de los elementos de forma “correcta”, es decir, seguirán la trayectoria predicha por los modelos de la *óptica geométrica*. En caso contrario, cuando los elementos ópticos no están adecuadamente sobre el eje óptico, los rayos se desviarán de su trayectoria esperada y llegarán a posiciones incorrectas o saldrán del sistema óptico (Figura 2a).

La forma más común de implementar un eje óptico y alinear un sistema óptico es con ayuda de un haz de luz muy delgado y con tamaño transversal constante, es decir, que se pueda aproximar como un *rayo de luz*. Por construcción, la mejor fuente de luz que produce dicho haz es un láser. Este haz marcará el eje óptico sobre el cual colocar los componentes.

Los elementos más comunes en un laboratorio de óptica de enseñanza son lentes, espejos, aberturas y fuentes de luz. Cada uno tiene una forma particular de colocarse (la cual en ocasiones depende de su aplicación particular). Aquí se revisará de forma básica como alinear algunos de dichos elementos.

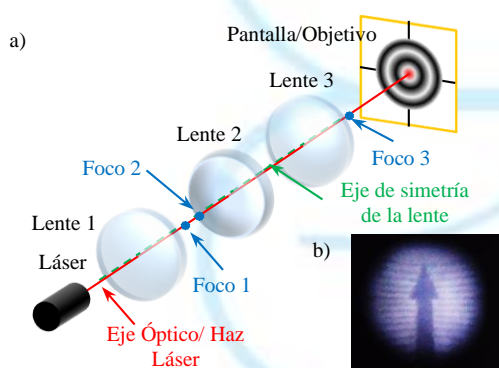


Figura 1. a) Alineación correcta de elementos ópticos respecto del Eje óptico (haz láser). b) Imagen de un sistema correctamente alineado.

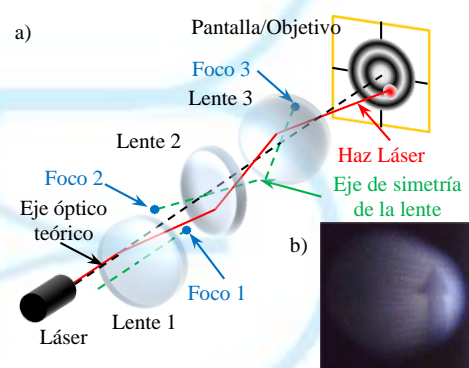


Figura 2. a) Alineación incorrecta de elementos ópticos. b) Imagen de un sistema mal alineado.

2 ALINEACIÓN DE UN HAZ LÁSER (EJE ÓPTICO).

Para implementar el eje óptico de un sistema óptico con ayuda de un láser se sigue la misma idea que al dibujar una línea recta, es decir, el rayo debe pasar a través de dos puntos en el espacio. Los elementos de ayuda más comunes para esto son los *irises* o *agujeros de alfiler* (o *alineación*), los cuales definen los dos puntos en el espacio. Para realizar la implementación del eje óptico se recomienda seguir los siguientes pasos.

- I. Es común escoger el eje óptico paralelo a la mesa de trabajo, por lo que los dos puntos por los que pasará el rayo deberán estar a la misma altura h (Figura 3), y lo más separado posible.
- II. Se coloca el láser en la trayectoria definida por los agujeros.
- III. Al encender el láser se encontrará una situación como la mostrada en la Figura 4a. La apertura de salida del láser no estará exactamente a la altura de los agujeros ni alineada con ambos. Para corregir esto, el láser se tendrá que *desplazar* tanto vertical como horizontalmente hasta que el rayo pase por el primer agujero (Figura 4b).
- IV. En esta nueva posición, el láser pasará por el primer agujero. Sin embargo, el punto del láser estará desviado con respecto al segundo agujero. Esto quiere decir que el rayo láser no es paralelo a la mesa de trabajo ni al eje definido por los dos agujeros, por lo que se tendrá que *girar* tanto de forma vertical como horizontal (Figura 4c).
- V. Es posible que, si el haz láser está demasiado desviado, al realizar el paso IV el láser deje de pasar por el primer agujero (Figura 4c). Para corregir esto, el láser se debe *desplazar* nuevamente hasta que pase por el primer agujero (Figura 4d).
- VI. En caso de que, al realizar el paso V se tenga una situación similar a la de la Figura 4b, se tendrán que repetir los pasos IV y V.

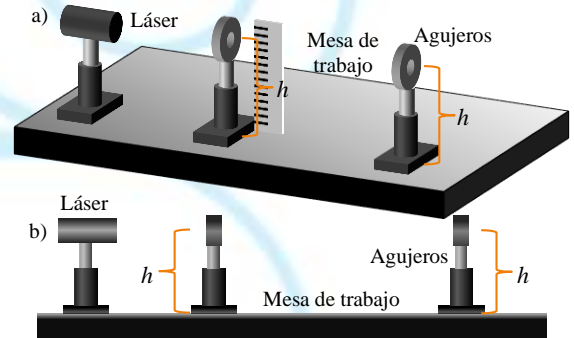


Figura 3. a) Ajuste de alturas de agujeros de referencia. b) Vista lateral de la colocación del láser.

La repetición iterada, y en el orden indicado, de estos pasos llevará eventualmente en la alineación del haz láser a través de los dos agujeros.

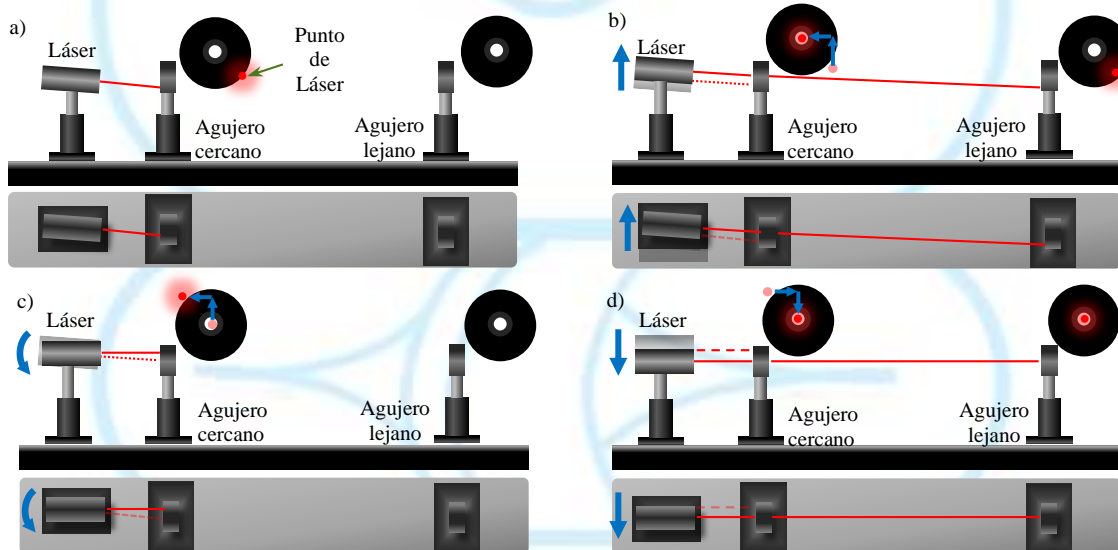


Figura 4. Vistas lateral y superior del sistema, y vistas frontales de ambos agujeros. a) Situación al encender el láser. b) Primer paso de alineación (desplazamientos vertical y horizontal del láser). c) Segundo paso de la alineación (rotación del láser). d) Segundo desplazamiento del láser.

3 ALINEACIÓN DE UN ESPEJO PLANO.

La principal función de un espejo plano es cambiar la dirección de la trayectoria de un haz de luz, por lo que puede ser visualizado como una fuente que reemite el haz (Figura 5) en otra dirección. Así, el procedimiento para alinear la trayectoria y por tanto el espejo es similar al de la alineación de un haz láser. El proceso recomendado de alineación es el siguiente:

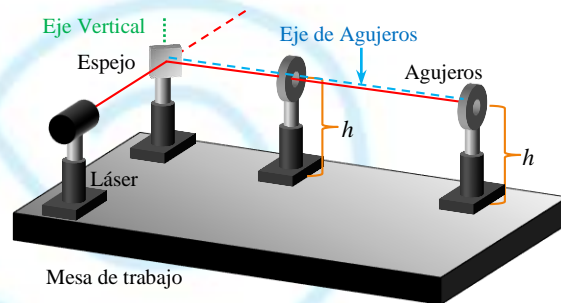


Figura 5. Colocación de un espejo para cambiar la trayectoria de un haz láser.

- I. Una vez alineado el láser, definir la trayectoria hacia la cual se desea desviar el haz y tomarla como nuevo eje óptico. Colocar los dos iris sobre dicho eje. Se asume que la nueva trayectoria tendrá la misma altura respecto de la mesa (h) que la trayectoria original.
- II. Se coloca el espejo plano lo más cercano posible al punto de intersección de la trayectoria del haz láser y el nuevo eje formado por los agujeros (Figura 5).
- III. Lo más probable será que el haz reflejado no cruce el primer agujero (Figura 6a). Para corregir esto, el espejo se tendrá que *girar* tanto vertical como horizontalmente hasta que el rayo pase por el primer agujero (Figura 6b).
- IV. En esta nueva posición, el haz pasará por el primer agujero, pero es posible que no pase por el segundo, por lo que el espejo se tendrá que *desplazar* en el plano horizontal (Figura 6c). En caso de haber una desviación vertical, lo más probable es que el haz original este mal alineado o tenga una altura diferente a los agujeros. Al desplazar el espejo horizontalmente se colocará su eje vertical en la intersección entre el eje de la nueva trayectoria y la dirección original del láser (Figura 6d).
- V. Repetir los pasos III y IV las veces necesarias hasta que el haz cruce los dos agujeros.

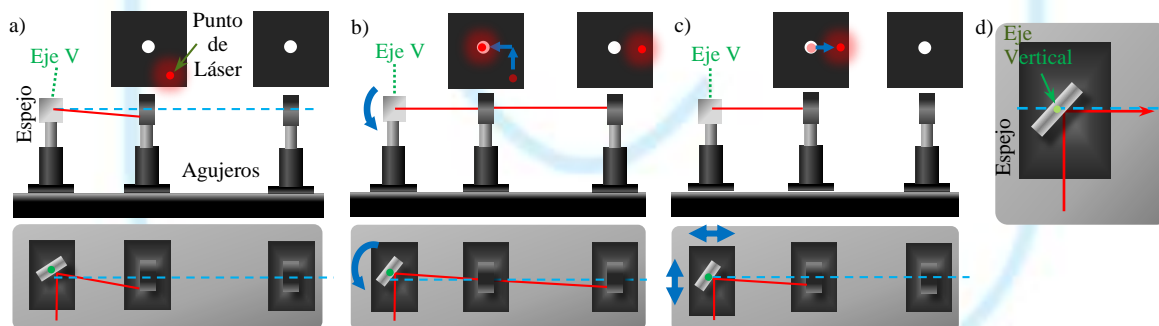


Figura 6. Vistas lateral y superior del sistema. a) Situación al colocar el espejo. b) Primer paso de alineación (giro del espejo). c) Segundo paso de la alineación (desplazamiento). d) Posición óptima del espejo.

4 ALINEACIÓN DE LENTES.

En el caso de lentes, cuando los rayos de luz pasan a través de ellas sufren una desviación de su trayectoria. Para propósitos prácticos, comúnmente una lente bien alineada será la que tenga su *eje de simetría* coincidente con el eje óptico. En dicha situación, la lente no producirá desviación transversal del eje, solamente producirá un cambio en la divergencia y tamaño de la sección transversal del haz (Figura 7). Para alinear una lente se recomienda lo siguiente:

- I. Con ayuda de un láser, se define el eje óptico sobre el cual se colocarán las lentes (ver sección 2).

- II. Quitar los agujeros de alineación y en su lugar, en la parte más lejana de la mesa de trabajo, colocar un objetivo de forma que el haz láser incida en su centro (Figura 8a).
- III. Colocar la lente de forma que su eje sea lo más paralelo al eje óptico y que su vértice este sobre el (Figura 8b).
- IV. Rotar y desplazar (tanto verticalmente como horizontalmente) la lente hasta que la proyección de la sección transversal del haz en la pantalla este centrada nuevamente en el centro del objetivo (Figura 8c). En ciertas situaciones, una forma de corroborar que la lente es ortogonal al haz láser y está correctamente posicionada en el eje, es buscar que la luz retro-reflejada por la superficie de la lente regrese hacia el láser, sin embargo, esto no siempre es fácil de observar.
- V. En caso de introducir más lentes al sistema óptico (Figura 9a), se deben repetir los pasos III y IV para cada lente. Es importante señalar que la pantalla con el objetivo no se debe mover hasta haber alineado la última lente.

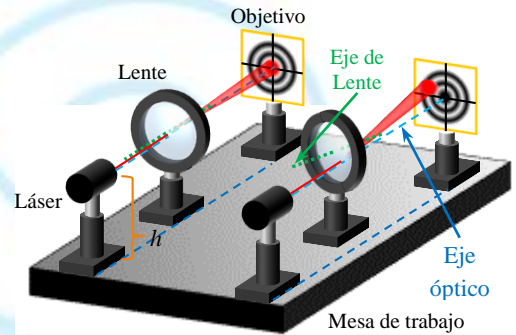


Figura 7. Colocación de una lente. Forma correcta (izquierda). Lente desalineada (derecha), el eje de la lente no está sobre el eje óptico.

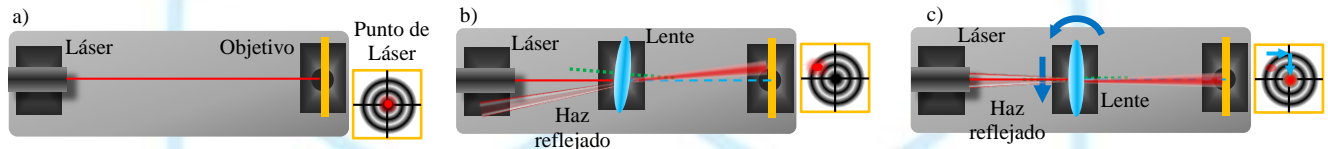


Figura 8. Vistas superiores del sistema y vista frontal del objetivo. a) Alineación sin lente. b) Colocación de la lente. c) Rotación y desplazamiento de la lente para centrar el haz en el objetivo.

5 OTRAS CONFIGURACIONES TÍPICAS.

La alineación de otros elementos o sistemas ópticos puede llevarse a cabo como una combinación de los tres métodos presentados anteriormente. Por ejemplo, en la alineación de un espejo cóncavo se sigue una combinación de espejo plano y lente, dándole más importancia a la alineación tipo lente debido a la geometría de la superficie del espejo.

En caso de tener muchos elementos en el sistema óptico, lo recomendable es ir colocando cada elemento y alineándolo de uno en uno comenzando del más cercano a la fuente de luz (o por el elemento por el cual entra la luz al sistema) y avanzando hacia la posición por donde queremos que salga la luz.

Los arreglos mostrados en la Figura 9 son ejemplos de sistemas comunes que pueden ayudar a practicar la alineación de sistemas ópticos con múltiples elementos.

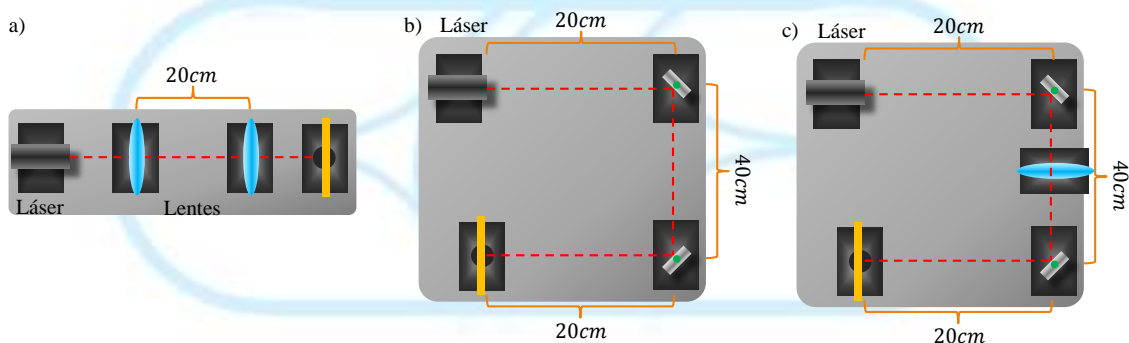


Figura 9. a) Alineación de dos lentes, b) Trayectoria en U con espejos, c) Trayectoria en U con espejos y lente