



# GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN DEL BANCO ÓPTICO

**Autor: Lic. Lorenzo Iparraguirre**

**Noviembre de 2013**

## GUÍA para utilización del BANCO ÓPTICO

### ELEMENTOS

- 1 Base caño rectangular de hierro (para adhesión de elementos magnéticos) de 8 cm × 110 cm.
- 1 Fuente de luz con lámpara de filamento recto de 12 V, con montaje para base magnética universal.
- 1 Fuente láser con montaje para base magnética universal.
- 1 Fuente de alimentación con salida variable de 6 a 12 V, para láser y lámpara de filamento.
- 1 Plato goniométrico giratorio graduado 360°, con montaje para base magnética universal.
- 8 Bases magnéticas universales para montaje de los elementos.
- 1 Pantalla blanca opaca con montaje para base magnética universal.
- 1 Pantalla blanca translúcida con montaje para base magnética universal.
- 1 Soporte clip para diafragmas varios y diapositivas, con montaje para base magnética universal.
- 7 Lentes (2 divergentes y 5 convergentes) montadas en soportes aptos para base magnética universal, de las potencias: -7, -14, +2,5, +7, +14, +18, y +18 dioptrías.
- 1 Prisma de acrílico de 45°.
- 1 Prisma de acrílico de 60°.
- 1 Pieza D de acrílico maciza.
- 1 Pieza D hueca para líquidos.

### ÓPTICA GEOMÉTRICA

#### **EXPERIMENTOS PARA REVISAR ASPECTOS Y LEYES DE LA REFLEXIÓN Y DE LA REFRACCIÓN**

##### 1.- REFLEXIÓN.

Las leyes de la reflexión son muy simples y en principio se ilustran con superficies reflectoras planas.

Es conveniente realizar primero actividades sin el banco óptico, aprovechando elementos y situaciones de la vida cotidiana para observar imágenes, relacionarlas con el objeto, y reflexionar sobre la marcha de la luz.

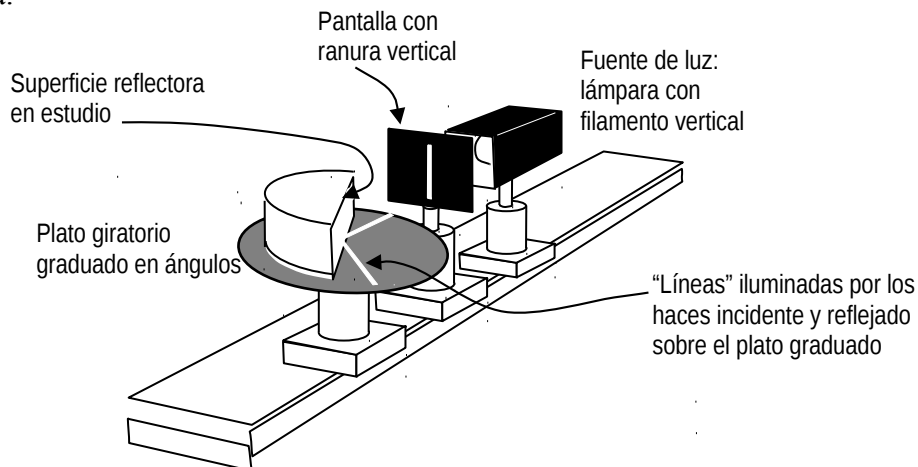
Posteriormente el banco óptico es útil para algunas observaciones más específicas.

En principio el banco permite utilizar el plato giratorio goniométrico (graduado en ángulos) sobre el que se monta un objeto con la superficie reflectora vertical (puede ser un prisma, la cara plana de la pieza "D" de acrílico, una lámina de vidrio sujeta verticalmente, u otra cosa adecuada) y se recomiendan dos tipos de montajes.

### Montaje 1: lectura de ángulos sobre plato goniométrico.

Se dispone la fuente de luz de manera de proyectar (a través de la ranura vertical de una pantalla ranurada) un haz de luz delgado que además de reflejarse en la superficie correspondiente, lo haga iluminando la superficie horizontal del plato graduado, para determinar así sobre él la marcha de los haces incidente y reflejado, y leer los ángulos necesarios que corresponda.

Para afinar el haz lo más posible se debe ubicar el filamento bien vertical girando el eje de la lamparita.

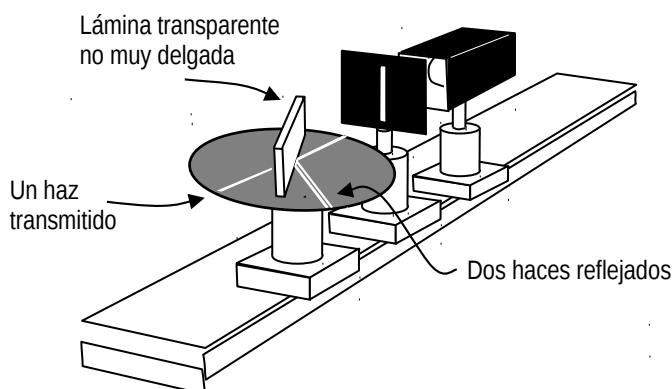


Debe estar claro que *nunca es posible observar el haz luminoso* propiamente dicho, sino objetos iluminados por él.

Si por ejemplo se esparce humo o polvillo en el aire, se observarán partículas iluminadas brillando suspendidas que crearán la ilusión de estar viendo el haz viajando a través del aire. En este caso la ilusión de estar viendo los haces incidente y reflejado sobre el plato graduado se logra elevando un poco la fuente de luz respecto de la superficie de dicho plato, para que lo iluminen incidiendo de manera más o menos rasante.

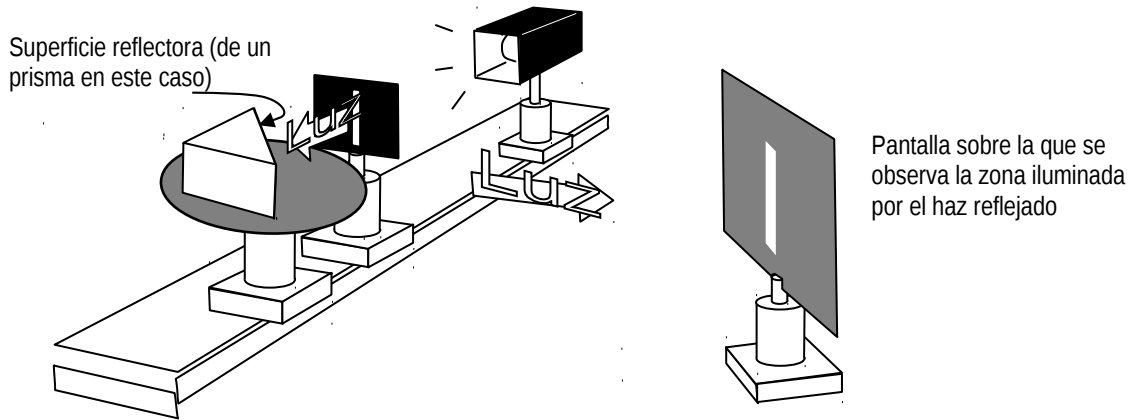
También debe estar claro que además del haz reflejado pueden aparecer otros haces transmitidos y reflejados en diversos lugares; aquí los estamos ignorando porque no son de interés en este momento.

Un caso interesante se presenta si se estudia la reflexión en una lámina transparente de caras paralelas no demasiado delgada: se encontrarán dos haces reflejados y sólo uno transmitido. Esto muestra que, aunque hay una sucesión infinita de haces parcialmente reflejados y transmitidos en cada cara de la lámina, el resultado neto es que los dos primeros haces reflejados (en la cara delantera y trasera de la lámina, respectivamente) son de intensidad similar, mientras que el primer haz transmitido es de intensidad fuertemente dominante y los demás son tan débiles que no se ven.



**Montaje 2: Observando luz sobre pantalla distante.**

El segundo tipo de montaje dispone la fuente de luz de la misma manera, pero se trata de observar en una pantalla distante la zona iluminada por el haz reflejado.



En este caso no se requiere de la iluminación del plato graduado (aunque ésta también pueda estar presente), y en principio se presta mejor para una observación cualitativa, en la cual no interesa efectuar mediciones, pero sí observar este aspecto del fenómeno y tomar conciencia de él.

**2.- REFRACCIÓN**

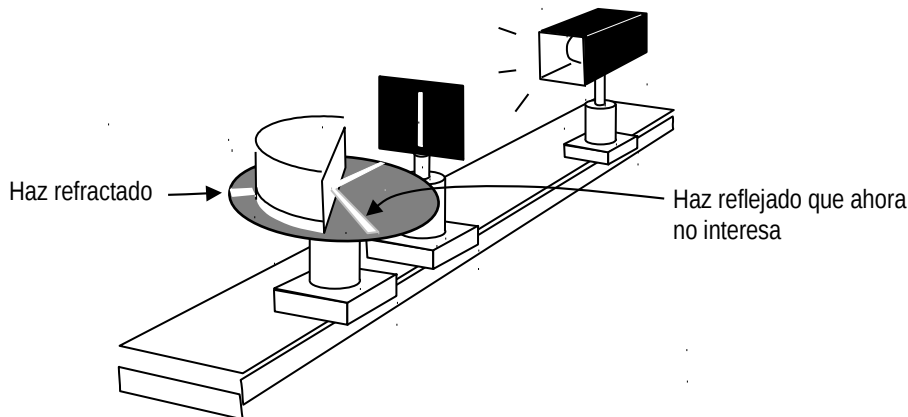
La refracción se estudia con los mismos montajes que la reflexión y en cierta forma junto con ella.

De la misma manera, es conveniente realizar primero actividades sin el banco óptico, aprovechando elementos y situaciones de la vida cotidiana para observar objetos, por ejemplo en acuarios o peceras, y reflexionar sobre la marcha de la luz.

Luego en el banco óptico se pueden realizar observaciones más específicas (y mediciones), como las que se proponen a continuación.

**2.1.- Verificación e ilustración de casos de la Ley de Snell.**

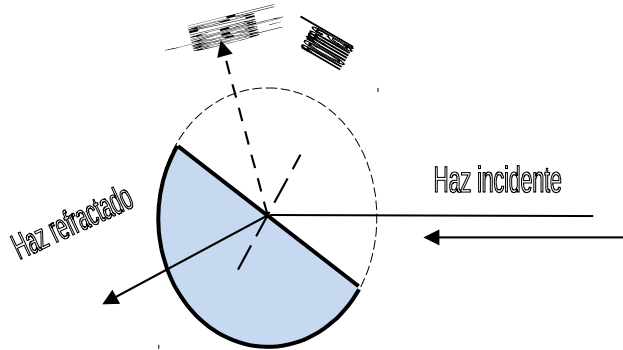
El montaje básico para medir ángulos y verificar las leyes de la refracción o medir índices de refracción, es el mismo presentado para la reflexión, utilizando ahora la D semicilíndrica sobre el plato giratorio.



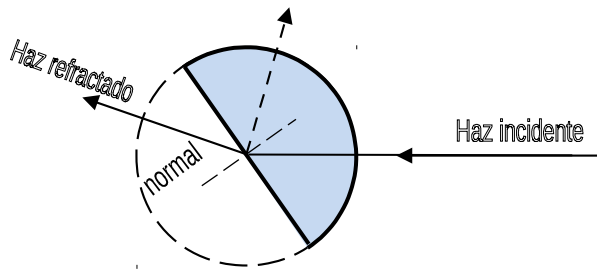
La pieza D es clave en estas experiencias. Puede ser maciza, del material cuyo índice de refracción se mide o verifica, o puede ser hueca, rellena con el líquido cuyo índice de refracción se estudia.

Ubicando esta pieza de distintas maneras se puede proceder a ilustrar y estudiar los diversos casos siguientes.

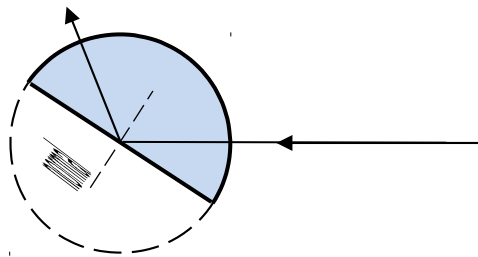
**2.1.1.- Pasaje de índice de refracción menor a mayor:**



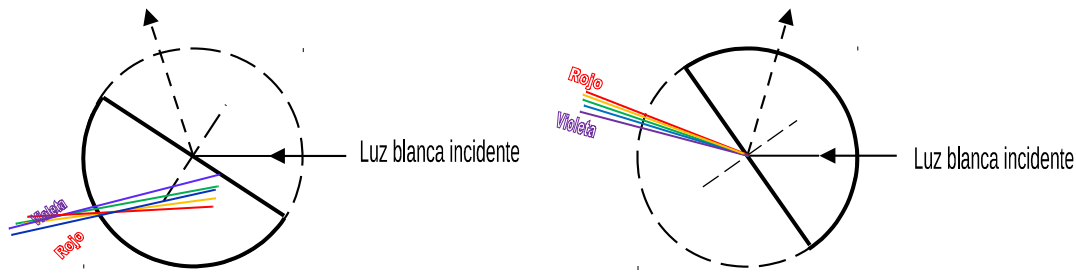
**2.1.2.- Pasaje de índice de refracción mayor a menor:**



**2.1.3.- Reflexión total interna**

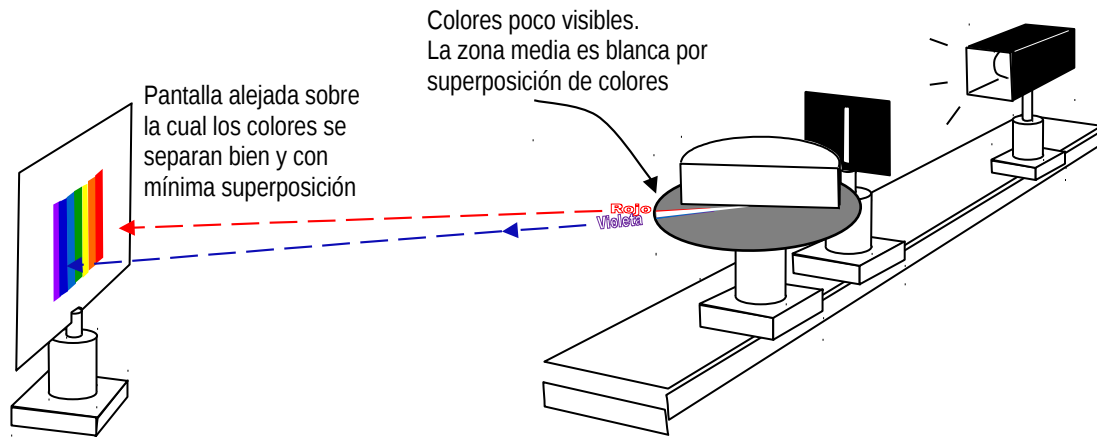


**2.1.4.- Descomposición de la luz blanca en su espectro de colores componentes**



La descomposición se ha exagerado un poco en las figuras – hay que tener presente que los ángulos con que emergen los diferentes colores son muy próximos, y para poder observar algo interesante hay que tomar ciertos cuidados.

Por ejemplo, dado que la separación de estos colores obedece a un esquema angular en el que la separación aumenta con la distancia, esta separación será más visible y más limpia observando en una pantalla suficientemente alejada.



En estas experiencias la pieza D su puede sustituir por prismas adecuados para estudiar las diversas posibilidades de la reflexión y la refracción, reflexión total, descomposición espectral, etc. Ubicando un diedro del prisma de manera que el haz de la luz se refracte entrando por una de las caras y saliendo sucesivamente por la otra, se consigue la condición más favorable para observar la descomposición espectral, con máxima separación de los colores.

## EXPERIMENTOS CON LENTES DELGADAS

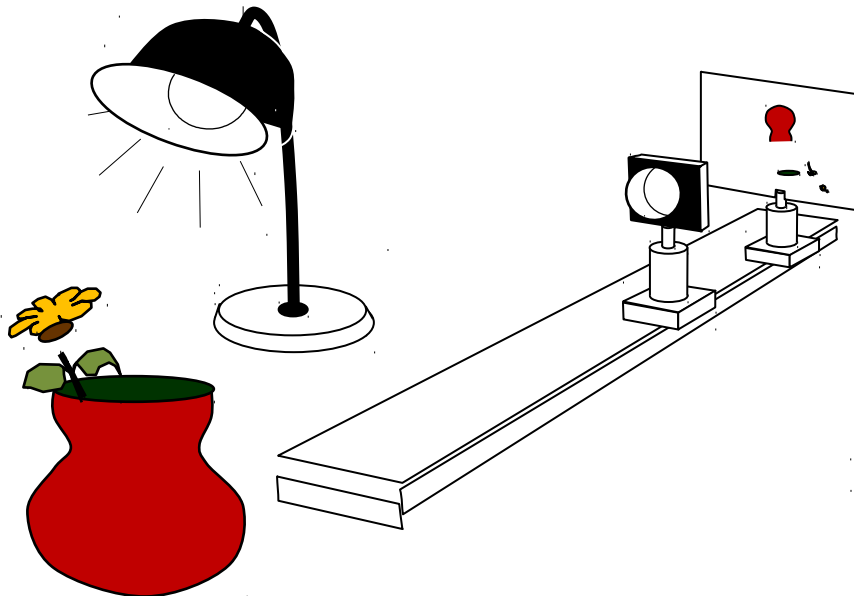
### 3.- OBSERVACIÓN Y DETERMINACIÓN DE IMÁGENES REALES.

Se debe ubicar una pantalla cerca de un extremo del banco, y delante de ella una lente convergente, a una distancia aproximadamente igual a la focal, o algo superior, para que forme sobre la pantalla la imagen de escenas u objetos convenientemente iluminados que se elijan.

Se facilitan las acciones comenzando con objetos relativamente lejanos, cuya imagen se formará a una distancia de la lente fácil de determinar según su potencia.

Si el ambiente no es muy iluminado se puede comenzar iluminando un objeto cuya imagen se desea observar, o apuntando el banco hacia una escena del exterior.

Si el ambiente es muy iluminado y no se tiene la opción de oscurecerlo, será necesario formar la imagen de alguna fuente luminosa fuera del banco, o montando la fuente del banco en el extremo libre, la cual podrá utilizarse directamente como objeto, o iluminando alguna figura montada sobre un soporte.



Una vez ubicados los elementos de esta forma, se podrán realizar las siguientes acciones:

### 3.1.- Enfocar la imagen.

Buscar el mejor enfoque de la imagen. Medir la distancia imagen y verificar que su valor sea razonable de acuerdo con la potencia de la imagen y la distancia objeto utilizada.

### 3.2.- Examinar la simetría del comportamiento óptico de la lente.

Si la sección de la lente no es simétrica, por ejemplo si es plano convexa, dar vuelta la lente cuidando que no cambie la distancia a la pantalla, y repetir 3.1 para verificar si se detectan diferencias en el comportamiento.

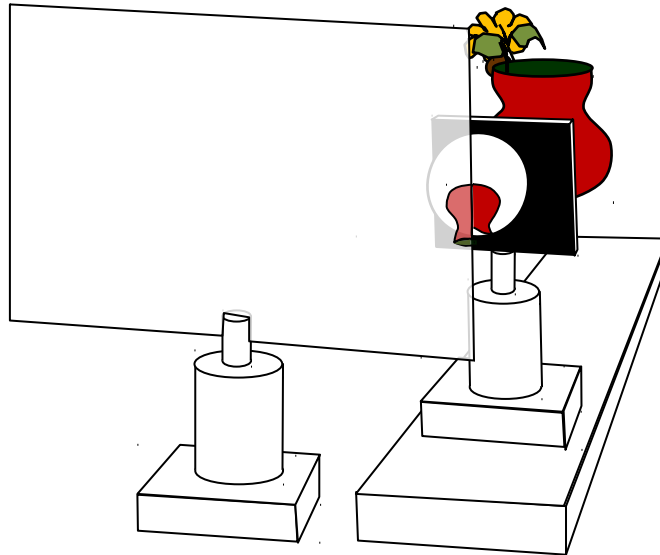
### 3.3.- Estudiar los efectos de los diafragmas de apertura.

Probar la colocación de pantallas con agujeros de distinto diámetro delante de la lente, actuando como “diafragmas de apertura”, y analizar sus efectos sobre la luminosidad y sobre la nitidez de la imagen. Para que el efecto sobre la nitidez sea perceptible se recomienda que el objeto sea muy brillante, por ejemplo utilizando como tal el filamento de una lámpara.

Discutir la importancia y presencia de estos elementos en la cámara fotográfica y en el ojo humano.

### 3.4.- Estudiar los aspectos de la observación directa de la imagen real

Finalmente, quitando los diafragmas para disponer del máximo campo de visión, con una escena adecuada enfocada sobre la pantalla, que para esto debe ser traslúcida (un papel blanco sujeto a un soporte puede servir), un observador se deberá situar detrás de dicha pantalla, alineándose con el sistema de manera de continuar recibiendo luz desde la lente en caso de quitar la pantalla. Para facilitar lo que se espera lograr se recomienda que la distancia objeto sea bastante mayor que la distancia focal, sin llegar a lo que se consideraría infinito (lo ideal es una distancia objeto entre 5 y 10 veces  $f$ ).



El observador así ubicado deberá quitar la pantalla sin dejar de observar la imagen. Deberá notar cómo continúa viendo la imagen inalterada (más nítida y luminosa, en realidad), pero sólo visible dentro del contorno de la lente. Es decir, sólo visible para quienes estén convenientemente alineados en el haz luminoso que contribuye a la formación de dicha imagen.

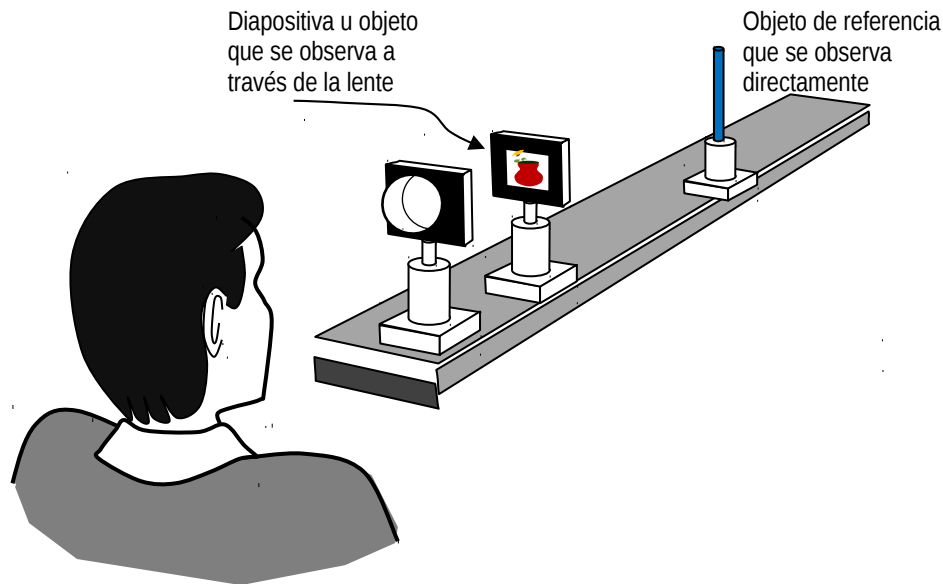
Se recomienda explorar la situación realizando el observador movimientos laterales para identificar el plano del espacio en el que está la imagen (al moverse lateralmente el observador, verá la imagen inmóvil respecto de la pantalla parcialmente retirada, o respecto de cualquier objeto que haya en ese plano). También se recomienda acercarse y alejarse para determinar cómo influye la distancia en la posibilidad de ver nítida la imagen (relacionar con la “distancia mínima de visión nítida” del ojo del observador). Por último también se recomienda tratar de verla con ambos ojos simultáneamente, ejercitando la visión binocular para lograr visualizarla espacialmente a la distancia correcta.

## 4.- OBSERVACIÓN DE IMÁGENES VIRTUALES. LUPAS

### 4.1.- Imagen virtual de lente convergente.

Ubicar un soporte con una lente convergente de potencia media (alrededor de 10 dioptrías), cerca de un extremo del banco, y otro con una diapositiva o figura que será el objeto observado, a cierta distancia de la lente, menor que la focal.





Luego, mientras se observa el objeto (es decir, su imagen) a través de la lente, se trata de ubicar detrás otro soporte con algún objeto de referencia, tal que visto por fuera de la lente, se perciba a la misma distancia que la imagen (vista por dentro).

**Ayuda:** conviene mover lateralmente la cabeza algunos centímetros; si el objeto de referencia está correctamente ubicado, la imagen, vista a través de la lente, no se moverá respecto de él, visto por fuera de la lente. Si el soporte está demasiado lejos, al desplazar la cabeza se lo verá desplazarse respecto de la imagen en el mismo sentido que la cabeza, y en sentido contrario si está demasiado cerca – es lo que sucede al observar dos objetos alineados que están a diferente distancia: si el observador se mueve, ve al objeto más lejano desplazarse respecto del otro en el mismo sentido de su movimiento.

Nuevamente se recomienda explorar la situación realizando movimientos laterales para identificar el plano del espacio en el que está la imagen, tratar de verla con ambos ojos simultáneamente, ejercitando la visión binocular para lograr visualizarla espacialmente a la distancia correcta.

Una vez bien ubicada la imagen (es decir el objeto de referencia), se miden distancia objeto y distancia imagen y se corroboran los valores con la fórmula de los focos conjugados, y con un dibujo a escala que muestre los rayos que intervienen en el problema.

#### 4.2.- Imagen virtual de lente divergente.

Se repite todo con una lente divergente de potencia media, pero ubicando el objeto a cualquier distancia de la lente, si es posible, bastante lejos, para que se aprecien mejor las diferencias con el caso anterior.

Es interesante alejar el objeto para comprobar que la distancia imagen nunca supera la focal.

#### 4.3.- El ojo y la lupa.

Se debe ubicar una lente convergente potente en un extremo del banco óptico, de manera que el observador pueda situarse con su ojo pegado a dicha lente para observar una diapositiva que se montará a cierta distancia (que deberá ser aproximadamente la distancia focal de la lente).

Luego el sistema se ubicará de manera que la observación pueda ser cómoda, pero antes se recomienda realizar las siguientes actividades previas.

- Coloque su dedo frente a su ojo y trate de observarlo simultáneamente con algún objeto lejano que esté alineado. ¿Puede ver nítida y simultáneamente ambos objetos?

Aclaración: en general esto puede funcionar bien mirando con ambos ojos simultáneamente, pero lo correcto para interpretar bien la actividad y el sentido de las preguntas es mantener el otro ojo tapado. De ese modo se deberá proceder en lo que sigue.

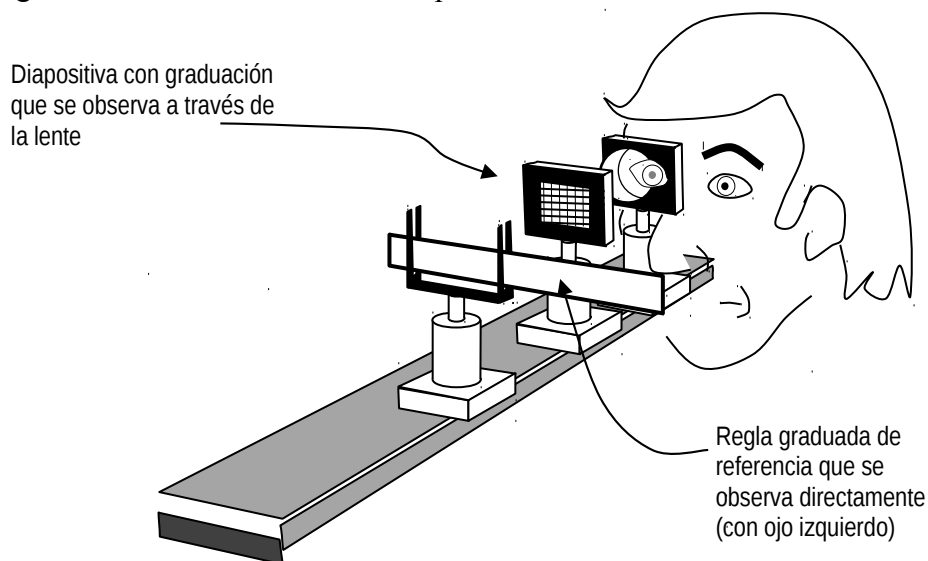
- Aproxime y aleje el dedo, para determinar la distancia mínima a la que usted puede ver el dedo nítidamente. Tome nota de dicha distancia para usted. Esa es su distancia mínima de visión nítida. ¿Encuentra algún límite máximo para la distancia a la cual usted puede ver nítidamente el dedo?
- Tome una lente potente, colóquela bien cerca de su ojo y observe ahora su dedo a través de ella. Aproxime y aleje su dedo manteniendo siempre la lente contra su ojo. Determine el intervalo de distancias para las cuales usted puede observar nítidamente el dedo a través de la lente. Interprete cualitativamente haciendo un esquema de marcha de rayos, y razonando sobre el poder de acomodación del ojo, porqué hay una distancia mínima y por qué una máxima para ver nítidamente en estas condiciones.

Una vez realizadas estas actividades se deberá proceder a:

#### 4.4.- Observar objeto pequeño

4.4.1) Colocar una diapositiva con un papel milimetrado en el soporte (o equivalentemente puede colocarse una regla graduada horizontal), y observando con el ojo pegado a la lente, con el fin de obtener la máxima amplificación posible, acercar el soporte hasta la mínima distancia a la cual se tenga (a través de la lente) una visión nítida de la graduación.

4.4.2) Con ayuda de un segundo soporte determinar la ubicación de la imagen, y fijar en ese lugar una regla graduada horizontal que pueda ser vista con un ojo por fuera de la lente, mientras el otro ojo mira la graduación objeto a través de la lente. Observando de esta manera las dos imágenes superpuestas, registrar cuántas graduaciones de la regla de referencia abarca cada graduación vista a través de la lupa.



4.4.2) Medir las distancias objeto e imagen, y utilizar estos valores para realizar un diagrama a escala en el cual un trazado de rayos adecuado deberá permitir obtener la amplificación que deberá corroborar el valor determinado en el punto anterior.

Compare con el valor  $d_{\min} / f$ , y comente acerca de la adecuación de esta expresión, y de la bondad de su ajuste al valor experimental obtenido.

## 5.- DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS FOCALES

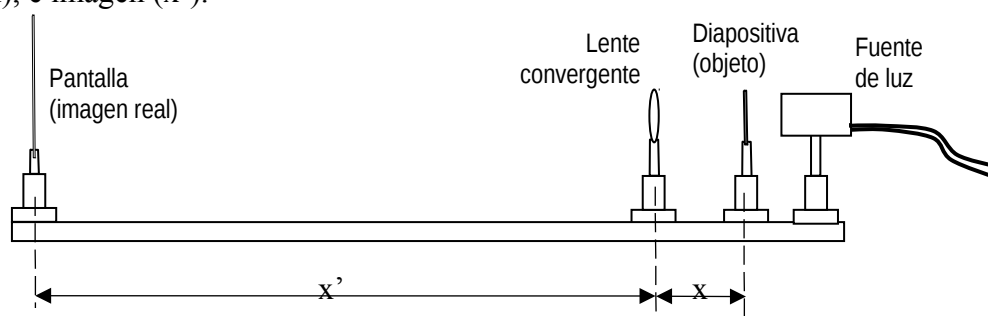
### 5.1.- Determinación de distancia focal de lente convergente

Para esto se propone utilizar la fórmula de los focos conjugados, con los valores previamente medidos de distancia objeto y distancia imagen. En principio sería posible hacerlo tanto con imágenes reales como con virtuales, pero es claro que es mucho más fácil ubicar imágenes reales que virtuales, por lo cual se propone el arreglo experimental consistente en montar sobre el banco una fuente luminosa iluminando una diapositiva (que constituirá un objeto plano cuya distancia a la lente pueda determinarse con suficiente precisión), luego la lente cuya distancia focal se debe determinar, y finalmente una pantalla blanca sobre la que se enfocará la imagen lo mejor posible.

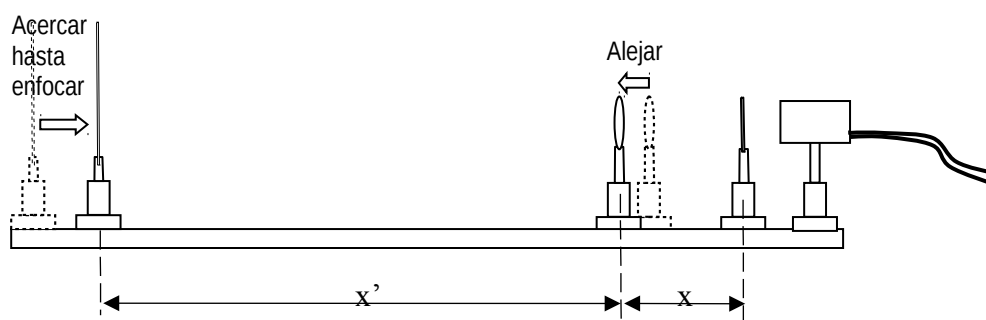
Por otra parte también es claro que en principio una sola determinación podría bastar, pero las nociones elementales de teoría de errores determinan la conveniencia de realizar varias determinaciones utilizando una gama de distancias objeto e imagen tan variadas como sea posible.

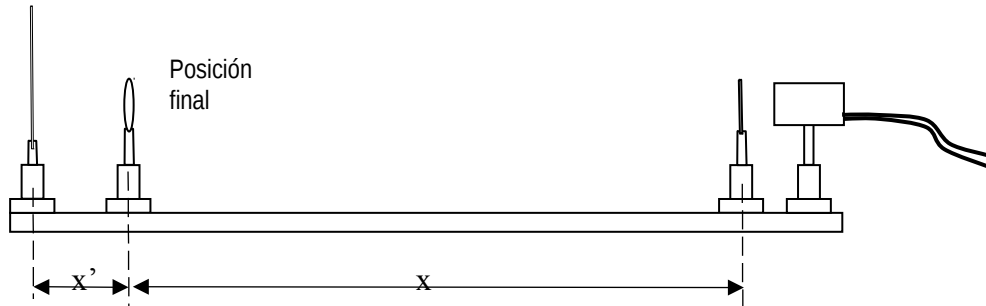
De manera que se sugiere:

1) Comenzar con la máxima separación entre objeto (diapositiva) e imagen (pantalla), ubicando la lente lo más cerca posible de la diapositiva tal que se forme una imagen nítida en la pantalla lo más alejada que sea posible. En estas condiciones se miden y registran distancia objeto ( $x$ ), e imagen ( $x'$ ).

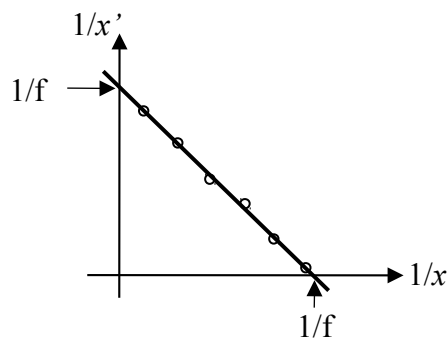


2) Luego se aleja la lente cierta distancia, por ejemplo 1 cm, y se acerca la pantalla hasta lograr el mejor enfoque. Nuevamente se registran las distancias, y se repite el procedimiento alejando cada vez la lente (en algún momento habrá que comenzar a alejar la pantalla para lograr el enfoque), hasta donde lo permita la longitud del banco.





3) Con todos los valores tabulados se puede proceder de diversas maneras; aquí se sugiere lo más sencillo: graficar la inversa de la distancia imagen en función de la inversa de la distancia objeto. La mejor recta que ajuste esos puntos deberá cortar a cada eje en la inversa de la distancia focal.



Este método permite verificar, a través de la inspección de la gráfica, si realmente el comportamiento de la lente se ajusta a la ley prevista, si el rol de ambas distancias en el sistema es realmente equivalente, etc.

### 6.- Determinación distancia focal de lente divergente

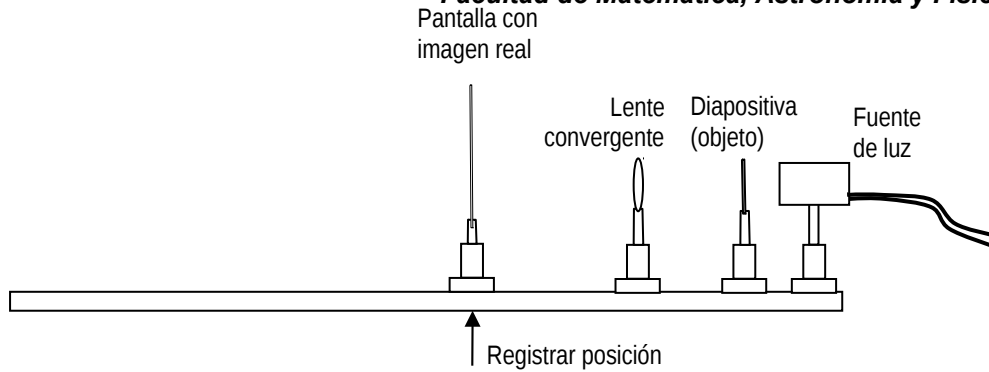
Para determinar la distancia focal de una lente divergente siempre es posible utilizar la fórmula de los focos conjugados, con los valores previamente medidos de distancia objeto y distancia imagen, determinando esta última con los procedimientos ya descriptos correspondientes a la ubicación de imágenes virtuales.

Pero para obviar las dificultades correspondientes a la ubicación de las imágenes virtuales también es posible recurrir a una lente convergente, que puede combinarse con la lente divergente adecuadamente para formar una imagen real, y a través de la ubicación de ésta determinar la distancia focal de la divergente.

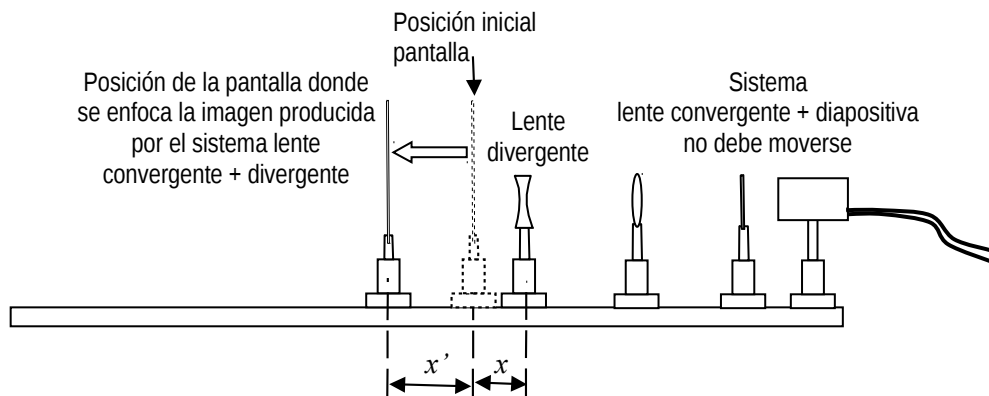
Para esto se sugiere el siguiente procedimiento:

1) Ubicar fuente luminosa, diapositiva, lente convergente, y pantalla, comenzando desde un extremo del banco óptico, de manera de formar la imagen (nítida) de la diapositiva sobre la pantalla, dejando un espacio considerable del banco óptico más allá de esta última. Registrar la ubicación de la pantalla. Esta imagen real será un objeto virtual para la lente divergente, que formará una imagen real de él.

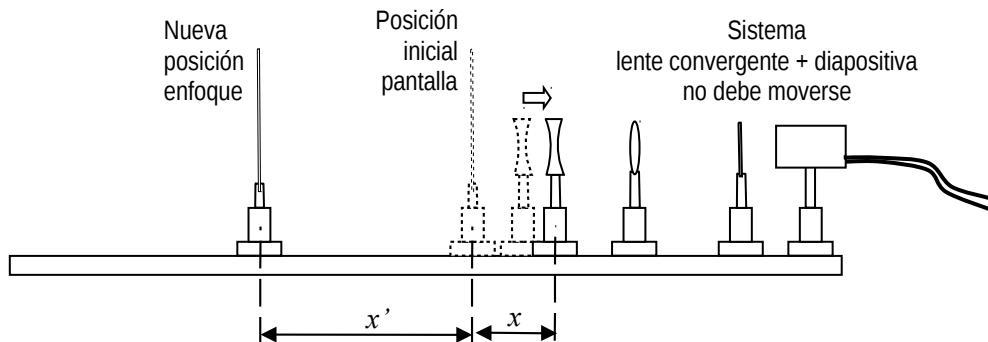
No es necesario registrar las ubicaciones de la diapositiva y la lente convergente, pero sí asegurar que no sean variadas en toda la experiencia.



2) Colocar la lente divergente entre la convergente y la pantalla, comenzando bastante cerca de la pantalla. La imagen ahora se habrá desenfocado, y habrá que alejar la pantalla hasta que la imagen vuelva a ser nítida. Registrar posición de la lente divergente y la pantalla.

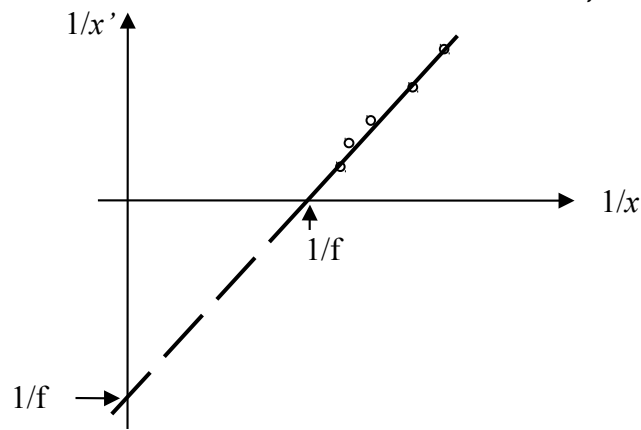


3) Acercar una cierta distancia (por ejemplo 1 cm) la lente divergente a la convergente (esta última rigurosamente inmóvil), y alejar la pantalla hasta que la imagen sobre ella vuelva a ser nítida. Registrar nueva posición de la lente divergente y la pantalla.



4) Repetir varias veces el procedimiento. Hasta que la lente divergente llegue a la convergente, o hasta que la pantalla llegue al final del banco.

5) Con todos los valores tabulados se puede proceder de la misma manera que antes (lente convergente): graficar la inversa de la distancia imagen en función de la inversa de la distancia objeto. La mejor recta que ajuste esos puntos deberá cortar a cada eje en la inversa de la distancia focal. La única diferencia será que a uno de los ejes lo cortará en un valor negativo.



Nuevamente vale destacar que a través de la inspección de la gráfica se puede constatar si realmente el comportamiento de la lente se ajusta a la ley prevista.

## 7.- INSTRUMENTOS ÓPTICOS

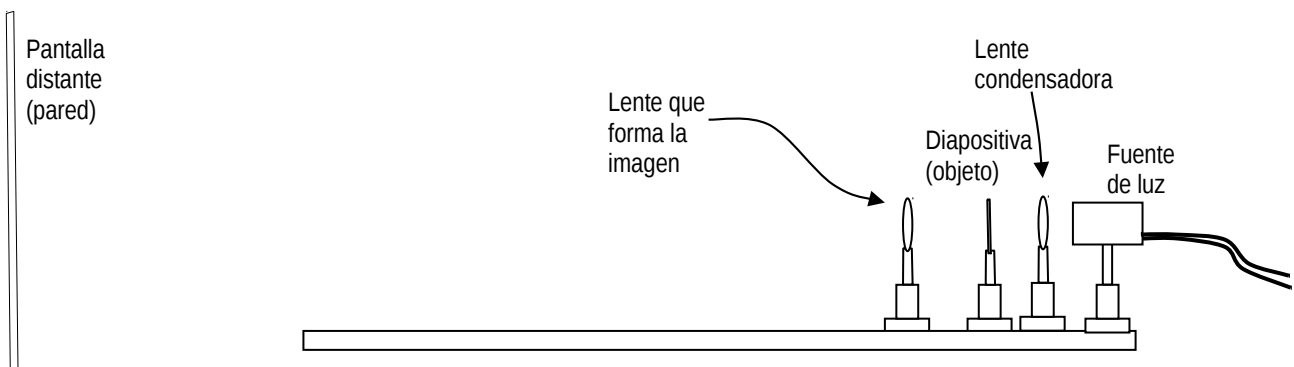
### 7.1.- Proyector

Este aparato repite algunos de los procedimientos descriptos para observar imágenes reales.

En este caso se proyecta sobre una pantalla distante la imagen real de un objeto pequeño consistente en una diapositiva fuertemente iluminada.

De manera que en el banco óptico se debe disponer la fuente luminosa iluminando la diapositiva cuya imagen desea proyectar. Delante de ésta se ubica, aproximadamente a la distancia focal, una lente de gran potencia (15 o 20 dioptrías), y sobre una pared a una distancia de 2 o 3 metros se enfoca la imagen.

Para lograr buena iluminación de la diapositiva es importante interponer entre ella y la fuente luminosa una lente de gran potencia, denominada *lente condensadora*. En principio la lente condensadora debe ubicarse de manera que el filamento esté cerca de su foco, y a partir de esa posición se debe ensayar la forma de lograr la mejor iluminación de la diapositiva. Sin esta lente en general es necesario oscurecer el ambiente para poder ver la imagen proyectada a cierta distancia, y cuando se la coloca el efecto es asombroso. Es muy instructivo realizar esta experiencia con este detalle.

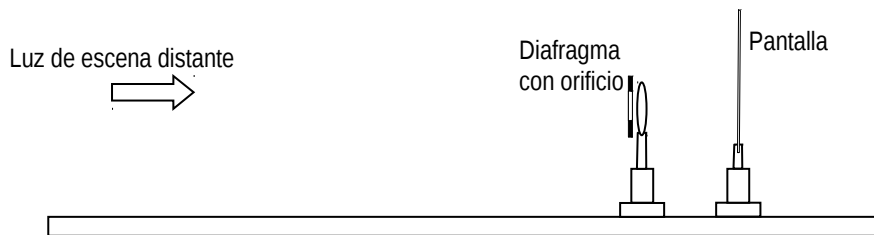


### 7.2.- Cámara fotográfica

Ésta es otra aplicación de los procedimientos para observar imágenes reales. En este caso solamente se utiliza una lente de bastante potencia, y una pantalla sobre la que esa lente forma la imagen de alguna escena relativamente lejana.

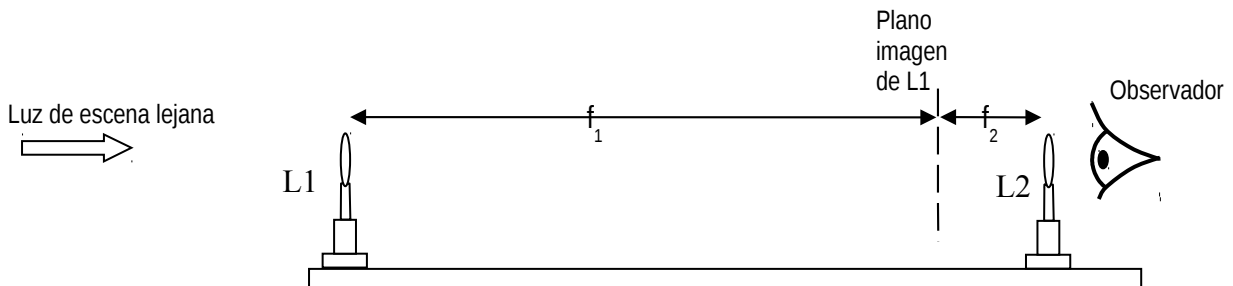
Para enriquecer el tema se puede ensayar la colocación de pantallas con agujeros de distinto diámetro delante de la lente, actuando como “diafragmas de apertura”. Se analizará el efecto de estos diafragmas sobre la luminosidad y la nitidez de los detalles de la imagen.

Se sugiere averiguar sobre el concepto de “profundidad de campo” y tratar de ilustrarlo haciendo entrar en la escena algún objeto a distinta distancia, y tratando de que él aparezca razonablemente bien enfocado en la pantalla, junto con el resto de la imagen.



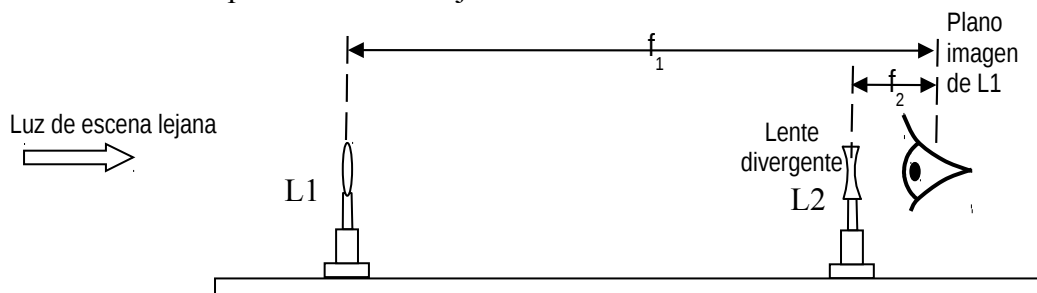
### 7.3.- Telescopio

El telescopio requiere una lente objetivo L1 de gran distancia focal, y una lente ocular L2 de la mínima distancia focal (ambas convergentes), separadas entre sí tanto como la suma de estas distancias, de manera que la imagen de un objeto muy lejano se forme en el plano focal de L1, y el observador pueda verlo amplificado a través de L2 funcionando como lupa.



Sobre este esquema básico el observador desplaza levemente L2 para lograr el mejor enfoque. Éste es el telescopio astronómico, que produce una imagen invertida.

Para obtener un instrumento que permita ver una imagen derecha de objetos lejanos, puede recurrirse al “anteojo de Galileo”, en el cual el ocular es una lente divergente potente, que se coloca delante del plano focal del objetivo.

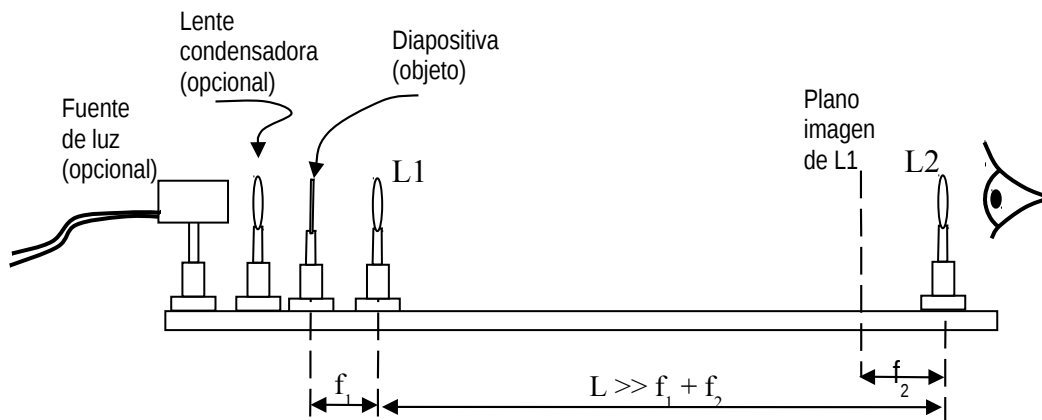


De este modo la lente divergente L2 ofrece al ojo una imagen virtual aumentada e invertida (delante de ella) del *objeto virtual* que constituye para ella la imagen real invertida dada por L1, cuya formación ella impide al interrumpir la marcha de los correspondientes rayos luminosos.

#### 7.4.- Microscopio compuesto

El microscopio compuesto se forma con dos lentes potentes muy separadas. La lente objetivo L1 forma una imagen real del objeto pequeño ubicado cerca de su foco. Esta imagen está bastante lejos si el objeto está cerca del foco de L1, y el ocular L2 la amplifica actuando como lupa. Dado que una lupa potente sólo puede mostrar enfocados objetos cercanos a su foco, entonces si L es la separación entre las lentes, L1 debe formar imagen a una distancia  $L - f_2$ , la cual se trata de que sea grande: cuánto más grande es L, mayor es la relación entre la distancias imagen y objeto del objetivo L1, y con ella, la amplificación de la imagen que luego amplifica el ocular.

De manera que se deben disponer dos lentes convergentes de la máxima potencia, lo más separadas que permita el banco, dejando lugar para la diapositiva objeto, y eventualmente para la fuente de luz y lente condensadora.



El enfoque se logra desplazando levemente la diapositiva objeto.

#### 7.5.- Espectroscopio

Si bien el banco óptico no se posee todas las características deseables para poder construir un buen espectroscopio, puede ser importante la enseñanza que deja la discusión de los elementos necesarios.

Vamos a limitarnos aquí al caso del espectroscopio de prisma, ya que los conceptos involucrados se transfieren sin mucha dificultad al caso de utilizar otro elemento dispersor, tal como una red de difracción.

Ya se ha visto cómo utilizar un prisma para dispersar los colores de la manera más simple. Ahora se mostrará cómo mejorar la calidad del espectro obtenido agregando los elementos básicos de cualquier espectroscopio.

El primer requisito para evitar la superposición de colores es limitar el ancho de la fuente luminosa, haciendo pasar la luz a través de una rendija que pueda regularse hasta ser arbitrariamente angosta (una lente condensadora adecuadamente ubicada puede ser necesaria para aumentar la cantidad de luz que llega a la ranura). Una lente convergente L1



suficientemente alejada puede coleccionar gran parte de la luz que sale divergiendo desde la ranura, en una imagen de la misma sobre una pantalla.

La *idea básica* para obtener el espectro es que ahora, si inmediatamente después de L1 se coloca un prisma dispersor, éste desviará la luz de cada color según el valor particular del índice de refracción que le corresponde, de manera que, desplazando la pantalla hacia el lado correspondiente, podría esperarse que se forme sobre ella una sucesión de imágenes de la ranura, cada una de cada color presente en el haz original. Se tendría así sobre la pantalla el espectro con todos los colores integrantes del haz original perfectamente separados

Esto constituye una idea básica de cómo hacer un espectroscopio (puede haber otras), pero tiene un problema que debe ser solucionado: para cada color específico (supongamos por un momento luz incidente perfectamente monocromática para simplificar la idea), luego de atravesar el prisma todos los rayos de luz que antes se dirigían exactamente hacia la imagen de la ranura, dado lo que resulta de la ley de la refracción aplicada al prisma, ya no se reunirán en un punto. Para cada color la imagen será borrosa, y luego se superpondrá parcialmente con las de los colores vecinos.

Esto se soluciona si la ranura está en el foco de L1: luego de atravesarla los rayos llegarán paralelos al prisma. De este modo *todos los rayos de cada color emergerán del prisma paralelos entre sí*, y se dirigirán hacia *un punto del infinito* que será la imagen exacta correspondiente a ese color.

Pero no será necesario llegar el infinito: cualquier lente convergente L2 colocada después del prisma enfocará todos los rayos paralelos de cada color en una imagen nítida de la ranura en su plano focal.

De este modo tendremos la imagen del espectro proyectada sobre el plano focal de L2, y el aparato se llamará *espectrógrafo*.

Si agregamos una lente ocular L3 para observar amplificado el espectro, tendremos el *espectroscopio*.

De manera que para ilustrar el espectroscopio necesitaremos disponer algunos elementos sobre un banco óptico, y otros fuera de él orientados según cierto ángulo (pueden disponerse sobre un segundo banco óptico pero no es necesario).

A lo largo de uno de ellos se ubicará la fuente luminosa seguida de una lente condensadora que enfoque la mayor cantidad de luz sobre la ranura, luego la ranura, y luego, exactamente a la distancia focal, la lente L1 (puede ser de unas 10 dioptrías – debe coleccionar la mayor cantidad posible de luz en un haz de ancho no mayor que el del prisma), y finalmente el prisma montado sobre el plato giratorio.

Para armar esta parte se sugiere seguir los siguientes pasos:

1) Comenzar colocando la fuente de luz, la lente condensadora y la ranura. La lente condensadora, de la máxima potencia posible, se ubicará para formar la imagen del filamento o de la lámpara exactamente sobre la ranura, tratando de lograr que ésta se vea lo más intensamente iluminada que sea posible.

Explorando después de la ranura con una pantalla o papel blanco se podrán hacer ajustes para lograr la máxima intensidad de luz saliendo de la misma.

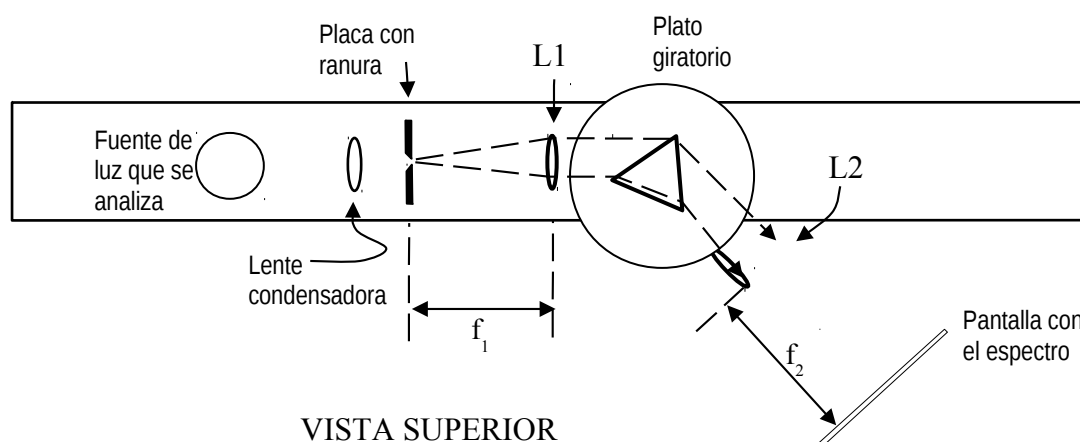
2) A continuación se ubica L1 con la ranura en su foco, y, *sin colocar el prisma*, se ajusta su posición hasta lograr la imagen de la ranura sobre alguna pantalla o pared suficientemente lejana como para poder considerar que los rayos marchan paralelos hacia ella.

Se aprovecha este momento para realizar ajustes en la posición de todos los elementos para obtener la imagen nítida más luminosa posible.

3) Luego se ubica el prisma interceptando el haz que sale de L1. Con ayuda de un papel blanco se decide la altura y ubicación del prisma para interceptar la parte más intensa del haz.

Luego se gira el prisma hasta buscar la dispersión deseada de los rayos. Si la fuente de luz es una lámpara cualquiera, puede ser conveniente taparla con una caja de cartón con una abertura que sólo permita salir el haz que interesa, para poder oscurecer la zona en la que necesitamos ver cómo incide la luz que pasó por el prisma.

4) Una vez ubicado el haz que sale del prisma con ayuda de una pantalla blanca, se lo intercepta (en la dirección que corresponda, fuera del banco) con la lente L2 de mayor distancia focal que se posea (para formar una imagen más lejana y amplificada), y en su plano focal se coloca la pantalla. Luego se acomoda esta pantalla hasta lograr la imagen del espectro lo más nítida que se pueda.



Hasta aquí tenemos construido un espectrógrafo, y antes de terminar deben considerarse los siguientes detalles.

Si simplemente deseamos observar un espectro de colores brillantes, podemos utilizar como fuente de luz la lámpara del equipo, y la tarea está terminada. Estaremos viendo un espectro *continuo* sobre la pantalla, llamativo y brillante. No tiene sentido colocar una lente ocular para mirarlo directamente porque será demasiado intenso, enceguedor, y no tendrá más detalles que se puedan observar.

Pero puede ser muy interesante observar espectros de líneas, como los que emiten las lámparas gaseosas. En éstas la luminosidad es mucho menos concentrada que en el filamento incandescente, y el espectro resulta mucho más débil, y con detalles que sí justifican su observación directa a través de una lente ocular.

De manera que en este caso aún resta un paso.

5) A continuación de la pantalla se coloca, como ocular, la lente más potente que se consiga, L3, a una distancia igual a su distancia focal  $f_3$ .

Observando desde detrás de ella se la desplaza levemente hasta enfocar. Se podrá ver un hermoso espectro de líneas (que son imágenes de la ranura de cada color particular que emite la lámpara). Se podrá percibir también que será necesario mover un poco L3 para enfocar los colores muy diferentes, debido a que las lentes utilizadas son simples y no tienen exactamente la misma distancia focal para todos los colores.

Si el ancho de la ranura es regulable, se puede proceder a variarlo mientras se mira, para percibir el efecto: cómo se superponen los colores cuando se ensancha la ranura, y cómo se pierde luminosidad cuando se tiende a la situación ideal de ancho cero.