

Espejo cóncavo II (Formación de imágenes reales)

Fundamento

En los libros de texto, cuando se desea obtener la posición de la imagen de un objeto, producida por un espejo cóncavo, se recurre a utilizar la marcha de tres rayos: a) *el paralelo al eje principal*, que después de reflejarse pasa por el foco, rayo 1, en las figuras 1a y 1b, b) *el que pasa por el centro de curvatura del espejo*, sigue la dirección de un radio, que no sufre desviación al reflejarse, esto es, que se refleja en la misma dirección que incide, rayo 2, en las figuras 1a y 1b. c) *el que pasa por el foco del espejo*, que después de reflejarse sale paralelo al eje principal, rayo 3, en las figuras 1a y 1b. En las citadas figuras, están indicadas las marchas de esos rayos, cuando el objeto se encuentra a una distancia mayor que el radio de curvatura y cuando se encuentra situado entre el radio y el foco.

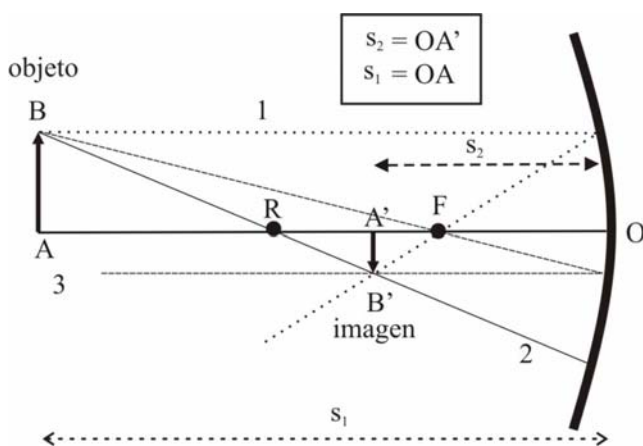


Fig. 1a

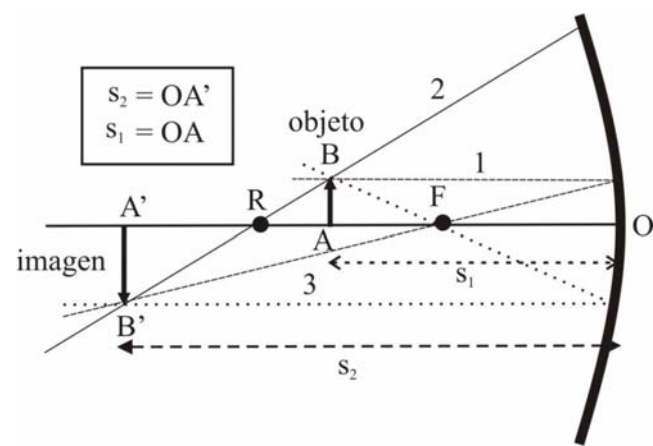


Fig. 1b

Se observa que en la figura 1a el tamaño de la imagen es menor que el tamaño del objeto y viceversa en la figura 1b.

La distancia entre O y R es el radio del espejo y se designa con R, la distancia OF es la distancia focal y se designa con f, la distancia de O al objeto se designa con s_1 y la de O a la imagen por s_2 .

Con y_o designamos al tamaño del objeto y con y_I al de la imagen

La ecuación del espejo es:

$$\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Si medimos diversos valores de s_1 y s_2 y se representa $\frac{1}{s_1}$ en el eje Y, frente a $-\frac{1}{s_2}$ en el eje X se

obtiene una línea recta de pendiente 1 y ordenada en el origen $\frac{2}{R}$.

Si comparamos los triángulos semejantes en las figuras 1a y 1b en las que el objeto y la imagen son dos catetos, encontramos que

$$\frac{y_o}{y_I} = \frac{s_1 - R}{R - s_2} \quad (2)$$

Si en la ecuación (2) sustituimos s_2 a partir de la ecuación (1), resulta:

$$\frac{y_o}{y_I} = \frac{s_1 - R}{R - \frac{s_1 R}{2s_1 - R}} = \frac{(s_1 - R)(2s_1 - R)}{2s_1 R - R^2 - s_1 R} = \frac{(s_1 - R)(2s_1 - R)}{R(s_1 - R)} \Rightarrow \frac{1}{y_I} = s_1 \frac{2}{y_o R} - \frac{1}{y_o} \quad (3)$$

La ecuación (3) nos dice, que al representar el inverso del tamaño de la imagen (eje Y), frente a la distancia del objeto s_1 (eje X), se obtiene una línea recta, cuya pendiente es $\frac{2}{y_o R}$ y ordenada en el origen $-\frac{1}{y_o}$.

Si en la ecuación (2) sustituimos s_1 a partir de la ecuación (1), resulta:

$$\frac{y_o}{y_I} = \frac{\frac{s_2 R}{2s_2 - R} - R}{R - s_2} = \frac{R^2 - s_2 R}{(2s_2 - R)(R - s_2)} = \frac{R}{2s_2 - R} \Rightarrow y_I = \frac{(2s_2 - R)y_o}{R} \Rightarrow y_I = s_2 \frac{2y_o}{R} - y_o \quad (4)$$

La ecuación (4) nos dice, que al representa el tamaño de la imagen (eje Y), frente a la distancia de la imagen s_2 (eje X), se obtiene una línea recta, cuya pendiente es $\frac{2y_o}{R}$ y ordenada en el origen $-y_o$.

Existe una distancia en la que el tamaño del objeto y_o y de la imagen son iguales, el cociente $\frac{y_o}{y_I} = -1$; el signo menos indica que si tomamos las medidas desde el eje principal hacia arriba son positivas y por debajo negativas, o que la imagen es invertida respecto del objeto

$$\frac{y_o}{y_I} = \frac{s_1 - R}{R - s_2} \Rightarrow -1 = \frac{s_1 - R}{R - s_2} \Rightarrow s_1 = s_2 \quad (5)$$

De acuerdo con lo anterior si medimos y_I y representamos en una misma gráfica y_I frente a s_1 e y_I frente a s_2 , se obtienen dos curvas que se cortan, a partir del punto de corte podemos determinar el tamaño del objeto y comparar este resultado con la medida directa de la altura de la L que es 3,4 cm. También podemos calcular el radio del espejo, ya que si $s_1 = s_2$, al sustituir en la ecuación (1) resulta que $R = s_1$.

En el experimento que aquí se propone, utilizaremos un espejo cóncavo (fotografía a) de la figura 2) y como objeto una chapa que está perforada en forma de letra L mayúscula (fotografía b) de la figura 2)

La imagen de esa letra se recoge en una pantalla.(fotografía c) de la figura 2)



Fotografía a



Fotografía b



Fotografía c

Fig. 2

Observe la forma de la L de la fotografía b y la imagen de la fotografía c. El espejo cóncavo da imágenes reales (se pueden recoger en la pantalla) que son invertidas respecto del objeto.

Teniendo en cuenta que el objeto no es luminoso por sí mismo, hemos de iluminarlo mediante un foco de luz y una lente convergente que hace incidir un haz luminoso paralelo sobre la L. Todo este dispositivo debe fijarse sobre un banco óptico. En las fotografías de la figuras 3a y 3b, se detalla el banco óptico la posición de la lente y del objeto. La fotografía 3a) es una perspectiva con un cierto ángulo y la 3b) es una vista lateral.

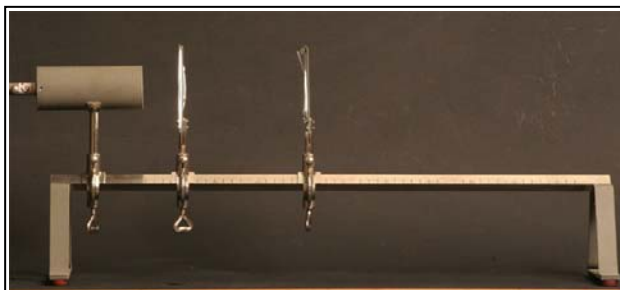
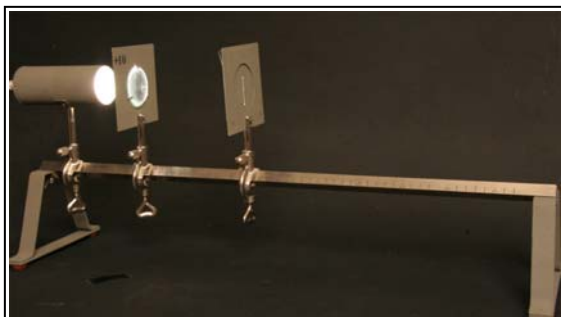


Fig.3a

Fig.3b

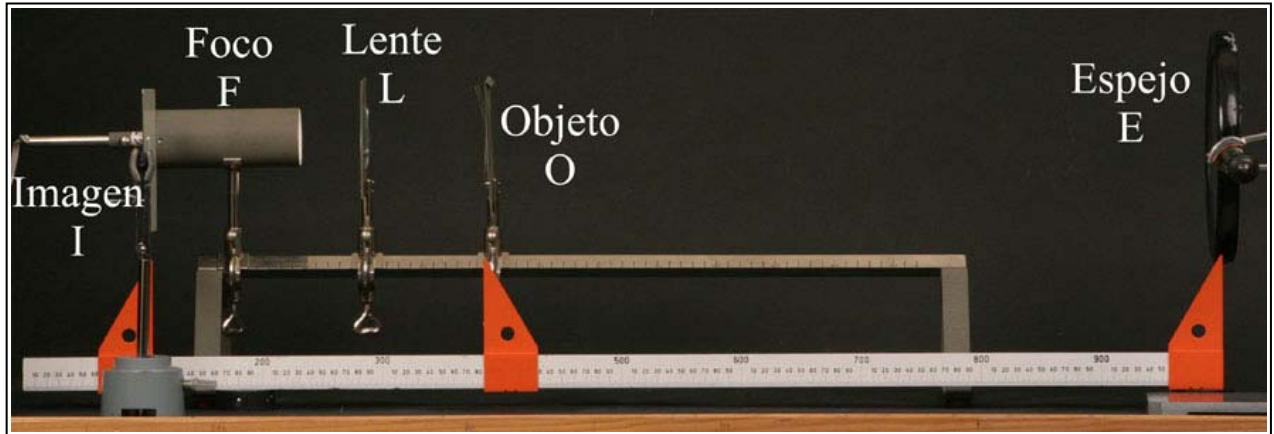


Fig.4a

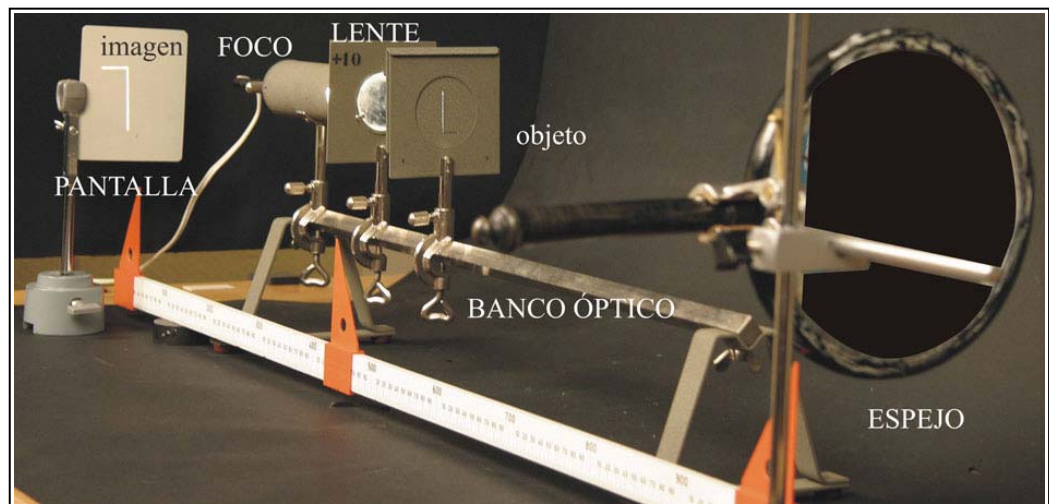


Fig.4b

En las fotografías de la figura 4 se encuentra el montaje completo. En ellas se observa una regla con tres índices que nos servirán para medir las distancias s_1 y s_2 . La fotografía 4a) es una vista de frente al dispositivo del montaje y la 4b) es el mismo montaje visto desde una perspectiva lateral. En las fotografías para la toma de datos se utiliza un tipo de fotografía como la 4a.

En el experimento se deben medir las distancias s_1 y s_2 reales, para lo que es necesario tener un factor de escala. Si se observan las fotografías para la toma de datos (fotografías 1 a 7), en la regla se han marcado dos rayas verticales en las posiciones 300 y 900, esto es una distancia real de 0,60 m, por lo que el factor de escala es

$$f = \frac{0,60 \text{ m reales}}{\text{_____ distancia en cm en la fotografía(ó fotocopia)}}$$

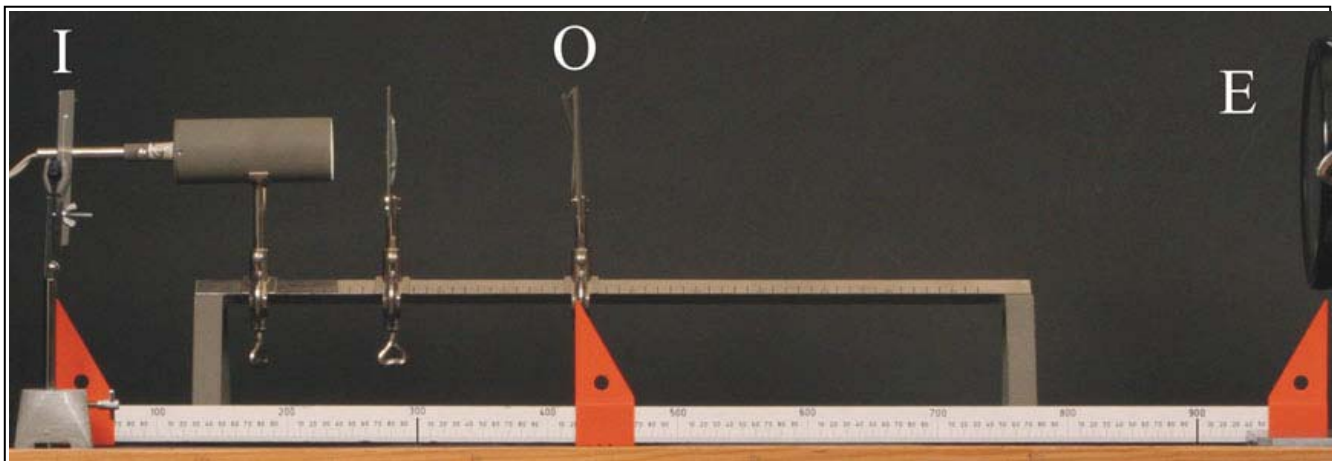
Encima de cada una de las fotografías para la toma de datos, aparece una fotografía de la correspondiente imagen sobre una pantalla. Para medir el tamaño real de la imagen es preciso utilizar el factor de escala f_1 . La distancia real en vertical de la pantalla donde se recoge la imagen es 11,9 cm, por consiguiente el factor de escala es

$$f_1 = \frac{11,9 \text{ cm reales}}{\text{_____ altura de la pantalla en cm en la fotografía(ó fotocopia)}}$$

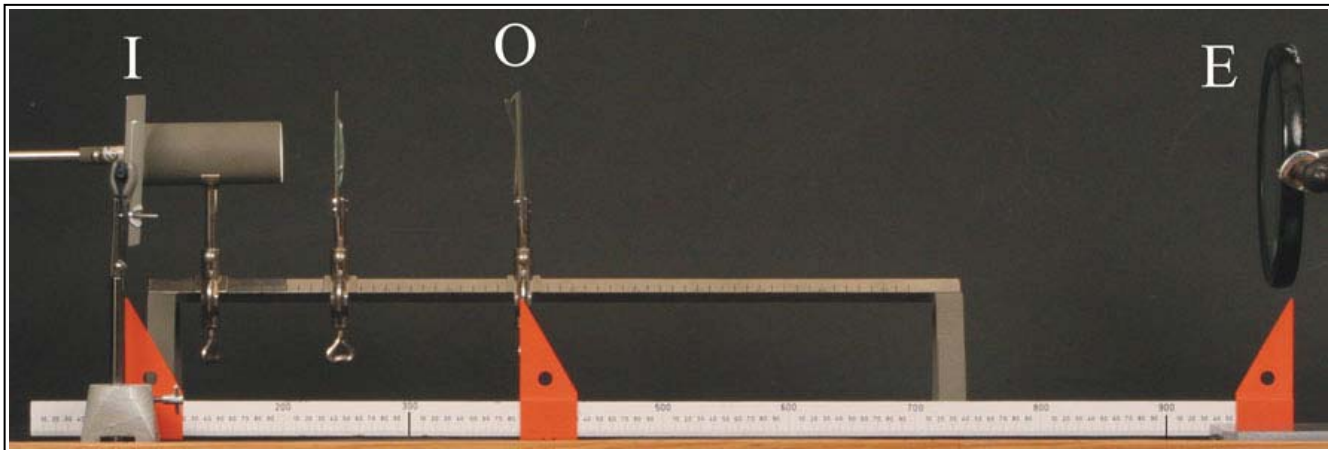
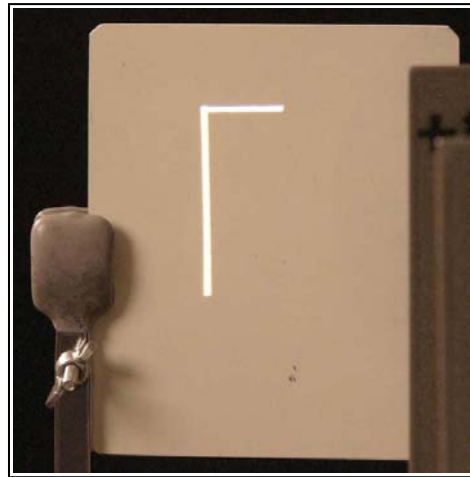
En el experimento se miden s_1 , s_2 e y_1 . Los valores se llevan a la tabla 1 y se completan todas las columnas.

Fotografías

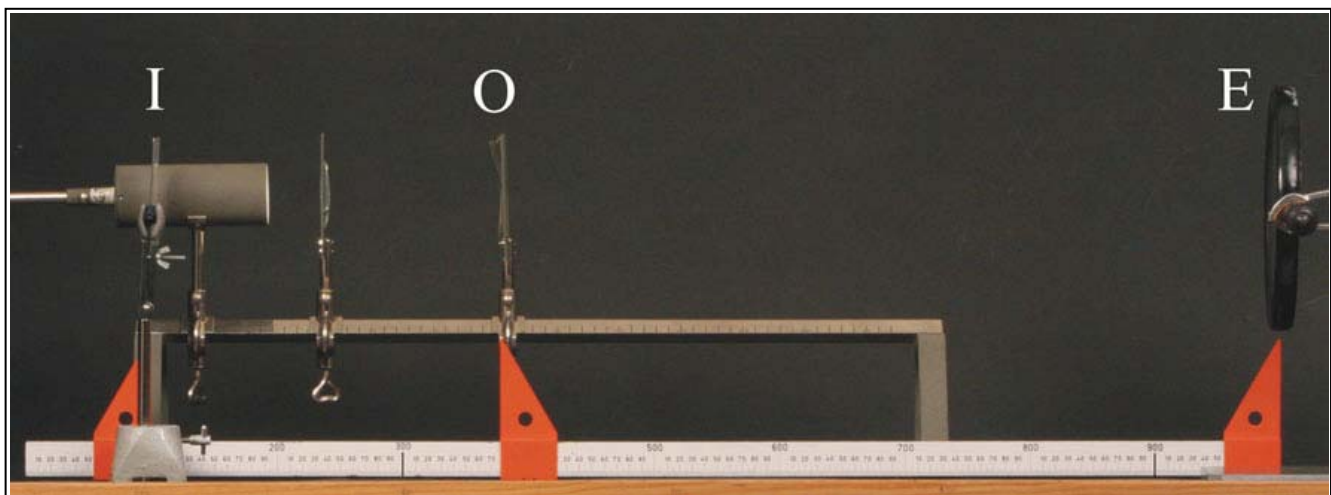
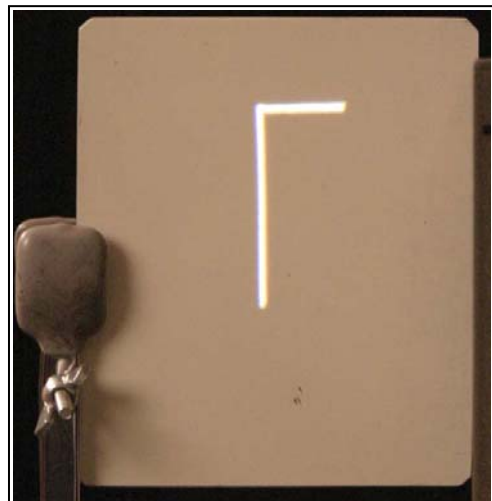
**Fotografía 1
para toma de datos**



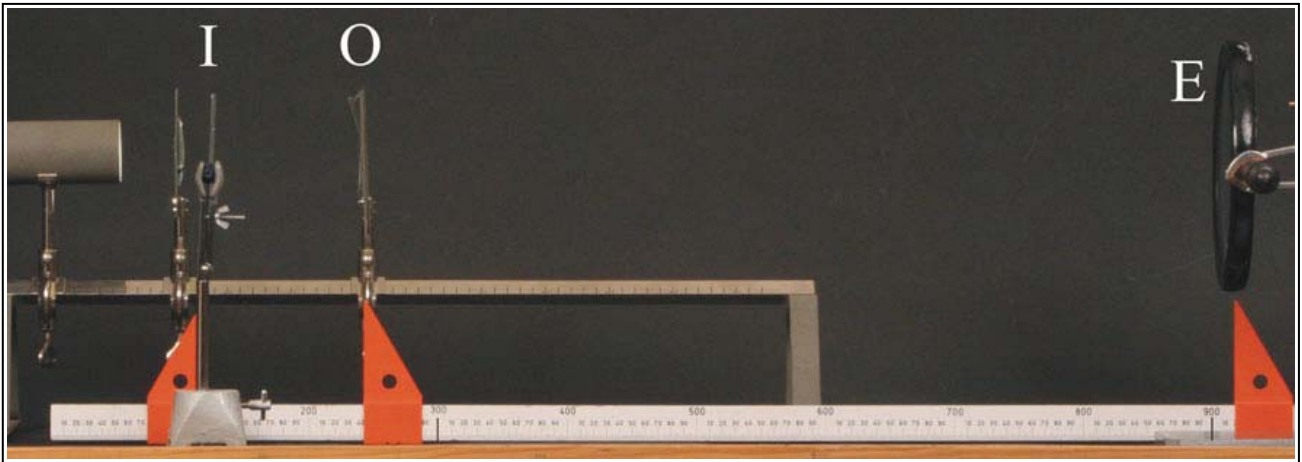
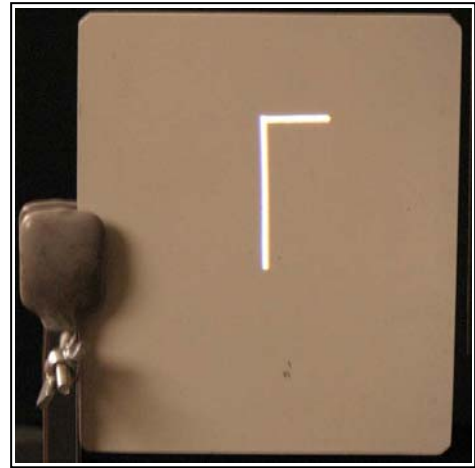
**Fotografía 2
para toma de datos**



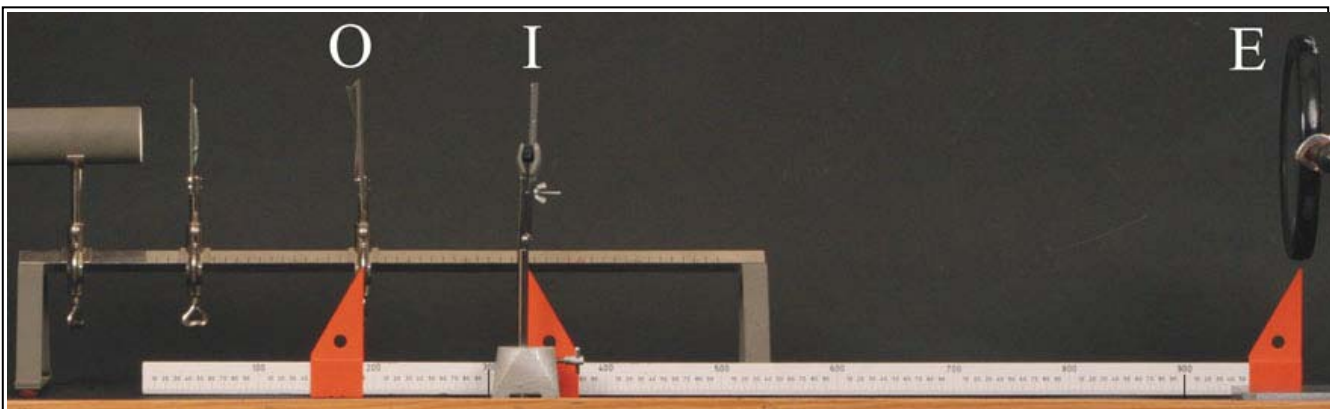
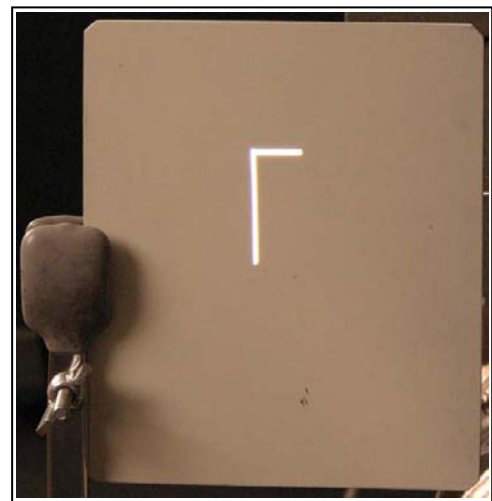
**Fotografía 3
para toma de datos**



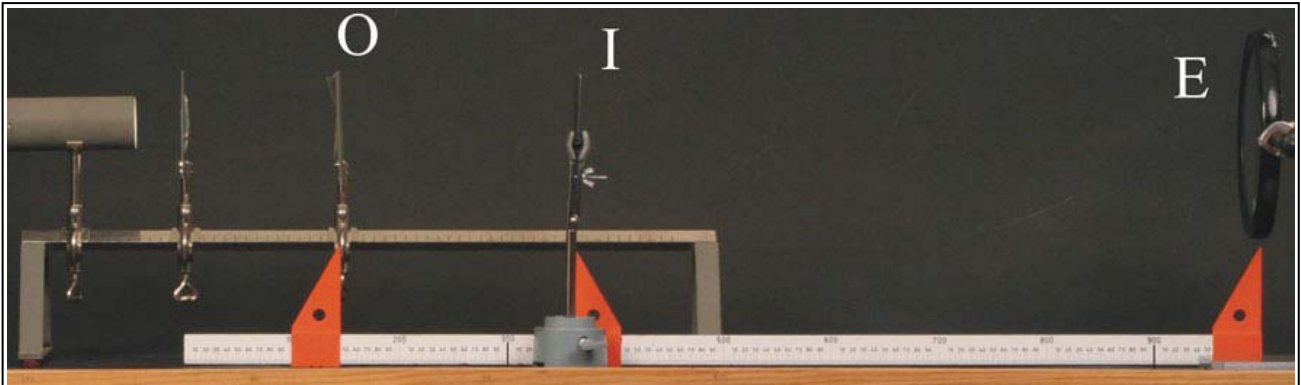
**Fotografía 4
para toma de datos**



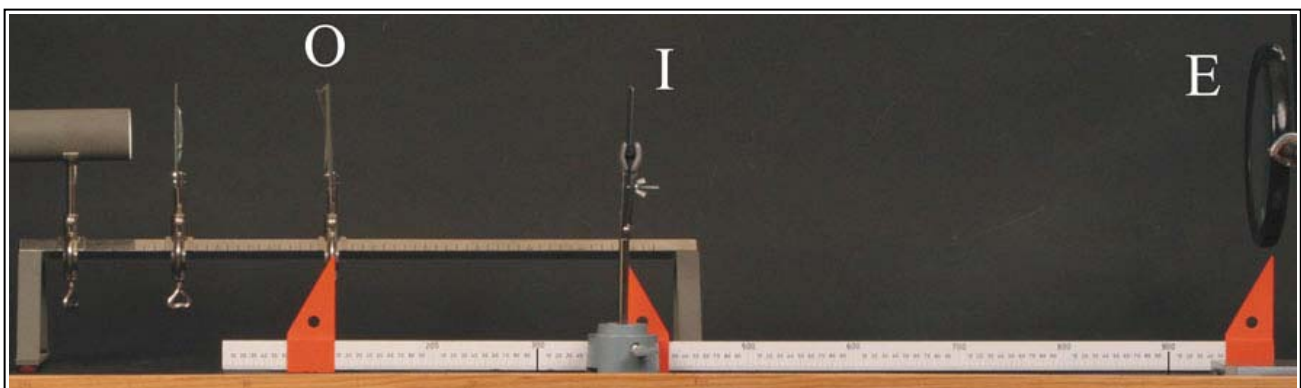
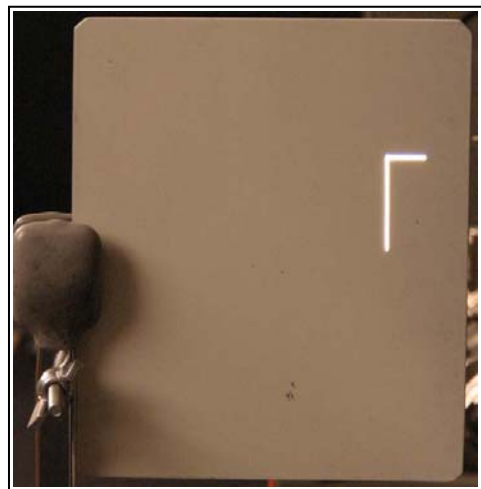
**Fotografía 5
para toma de datos**



Fotografía 6
para toma de datos



Fotografía 7
para toma de datos



Medidas

En cada una de las fotografías (ó fotocopias) para toma de datos, de la 1 a la 7, se miden las distancias s_1 y s_2 . Estos valores no son las distancias reales, para calcularlas necesitamos emplear el factor de escala f . Puesto que cada fotografía (ó fotocopia) tiene su propio tamaño, deberá obtener un factor de escala por cada una de ellas y sus valores deben aparecer en la tabla 1. También debe medir el tamaño de la imagen en la fotografía o en la fotocopia y para obtener el tamaño real deberá calcular en cada caso el factor de escala, f_I . Los valores deben aparecer en la tabla 2. Rellene también todas las columnas de esa tabla.

Tabla 1

s_1 /cm en fotografía ó fotocopia							
s_2 /cm en fotografía ó fotocopia							
Factor de escala, f , metros reales/cm en fotocopia							
s_1 real en m							
s_2 real en m							
$\frac{1}{s_1}$ en m^{-1}							
$-\frac{1}{s_2}$ en m^{-1}							

Tabla 2

s_1 real en m							
s_2 real en m							
Factor de escala, f_I cm real / cm en fotocopia							
Tamaño en cm de la imagen en fotocopia							
Tamaño real de la imagen y_I /m							
$\frac{1}{y_I}$ / m^{-1}							

Gráficas

1.- Con los valores de la tabla 1, represente en el eje de ordenadas $\frac{1}{s_1}$, y en el de abscisas $-\frac{1}{s_2}$

Determine la pendiente de la recta y el valor de R.

2) Con los datos de la tabla 2, represente $\frac{1}{y_I}$ en el eje de ordenadas frente a s_1 en el eje de abscisas.

Determine la pendiente de la recta y la ordenada en el origen. De ambos valores debe deducir el valor de R (radio del espejo) y tamaño del objeto y_o .

3) Con los datos de la tabla 2, represente y_I en el eje de ordenadas frente a s_2 en el eje de abscisas. Determine la pendiente de la recta y la ordenada en el origen. De ambos valores debe deducir el valor de R (radio del espejo) y tamaño del objeto y_o .

4) Represente en el eje Y, el tamaño de la imagen y_I , frente a s_1 y en la misma gráfica frente a s_2 . A partir de esta gráfica puede estimar el tamaño del objeto y el radio del espejo.

5) Calcule el valor medio de R y escriba el resultado con una incertidumbre que abarca al valor menor y mayor.

Calcule el valor medio del tamaño del objeto y escriba el resultado con una incertidumbre que abarque al valor menor y mayor. Calcule la diferencia en % entre el valor medio y el medido directamente que es 3,4 cm.