

## Difracción producida por un cabello

### Fundamento

Cuando la luz láser se hace incidir sobre un cabello humano, la imagen de difracción que se obtiene es similar a la que produce una doble rendija (fig.1). Existe un máximo principal de difracción fuertemente iluminado y a sus lados, separados por zonas oscuras, aparecen otros máximos, llamados secundarios. Los máximos secundarios son mucho menos intensos que el principal y por ello apenas se aprecian en las fotografías.

Además si nos fijamos en el máximo principal, éste aparece seccionado en una serie de zonas brillantes separadas por zonas oscuras –máximos y mínimos-. Esto se debe a un fenómeno de interferencia producido por los bordes del cabello, resultando superpuestas una difracción y una interferencia.

Dado que la imagen de interferencia que se obtiene con el cabello humano no es muy definida, nos fijaremos solamente en el máximo principal de difracción, y a partir de medidas realizadas sobre él se determinará aproximadamente el diámetro de un cabello humano.

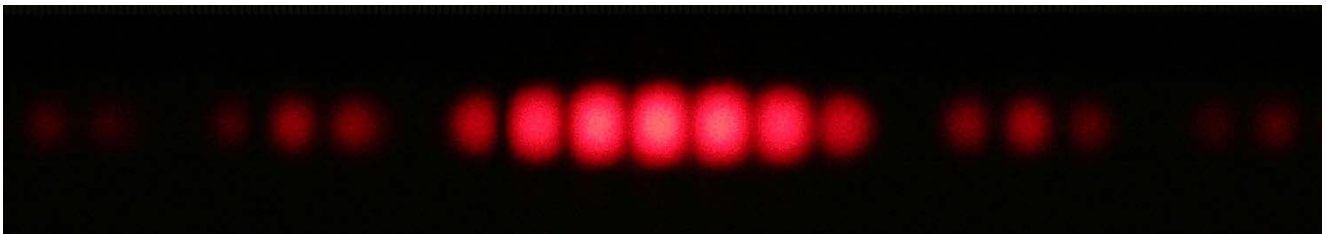


Fig.1

El esquema del dispositivo experimental es el de la figura 2.

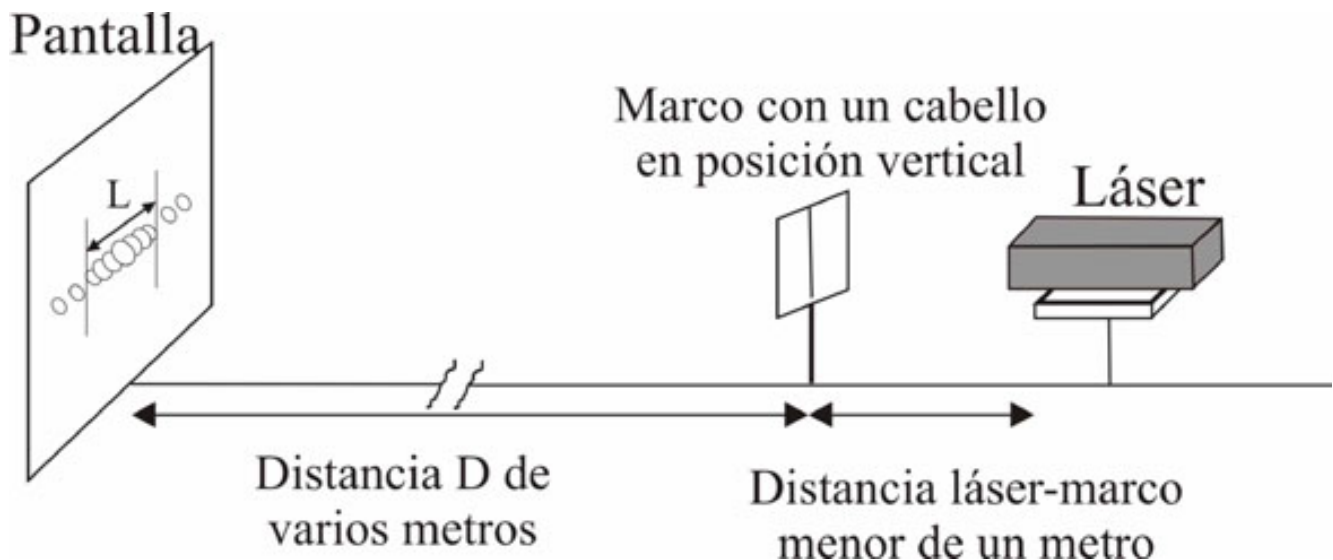


Fig.2

$D$  es la distancia entre el cabello y la pantalla. La distancia  $D$  es de varios metros. El láser está apuntando al cabello, situado a una distancia menor de un metro. La imagen de difracción se recoge en la pantalla.

A partir de la teoría ondulatoria de la luz se establece una ecuación matemática que relaciona el diámetro del cabello  $d$ , con la distancia entre él y la pantalla  $D$ , la longitud de onda del láser  $\lambda$ , y la

distancia  $L$  entre los mínimos nulos de intensidad de luz, que limitan a izquierda y derecha el máximo principal de difracción.

$$\frac{L}{2} = Z = \frac{\lambda D}{d} \Rightarrow L = \frac{2\lambda}{d} D \quad (1)$$

Como en la fotografía resulta difícil determinar esta distancia  $L$ , ya que las zonas oscuras no aparecen claramente delimitadas, ***hacemos la aproximación de que  $L$  sea el ancho que tiene el máximo principal.***

Si en un experimento se varía la distancia  $D$  y se miden los correspondientes valores de  $L$ , es posible obtener una línea recta cuya pendiente es  $\frac{2\lambda}{d}$ . En este experimento se ha utilizado un láser de He-Ne, siendo  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ , por lo que es posible determinar aproximadamente el diámetro  $d$  del cabello.

## **Medidas**

La distancia  $D$ , del cabello a la pantalla es un dato que proporcionamos y que se ha medido utilizando una cinta métrica de *20 metros graduada en centímetros*.

Estimamos que las distancias  $D$  están afectadas de un error de *2 centímetros*.

$L$  es la distancia que se corresponde con el ancho que tiene el máximo principal. Esta distancia se mide en las fotografías y luego se convierte en el valor real, lo que se consigue mediante la regla que aparece en las mismas. Así, se toma una distancia entre dos divisiones de la regla, lo más alejadas posibles, y se mide esa distancia en centímetros de la fotocopia. Por ejemplo si tomamos desde la división 200 mm a la 400 mm, el factor de escala es:

$$f = \frac{400-200}{\text{cm en la fotocopia}} = \frac{200 \text{ mm}}{\text{cm en la fotocopia}}$$

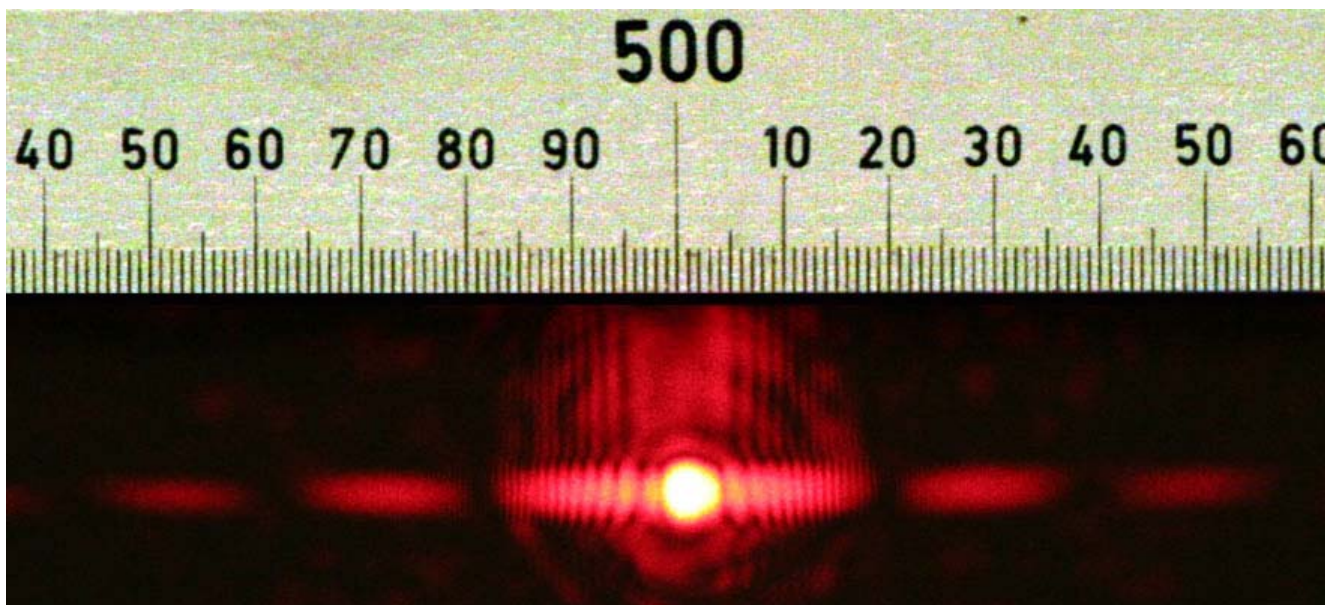
Debe también estimar la incertidumbre con la que mide  $L$ . En cada fotografía hay que determinar el factor de escala.

Las medidas se sitúan en la tabla 1 y se completan las columnas que allí figuran.

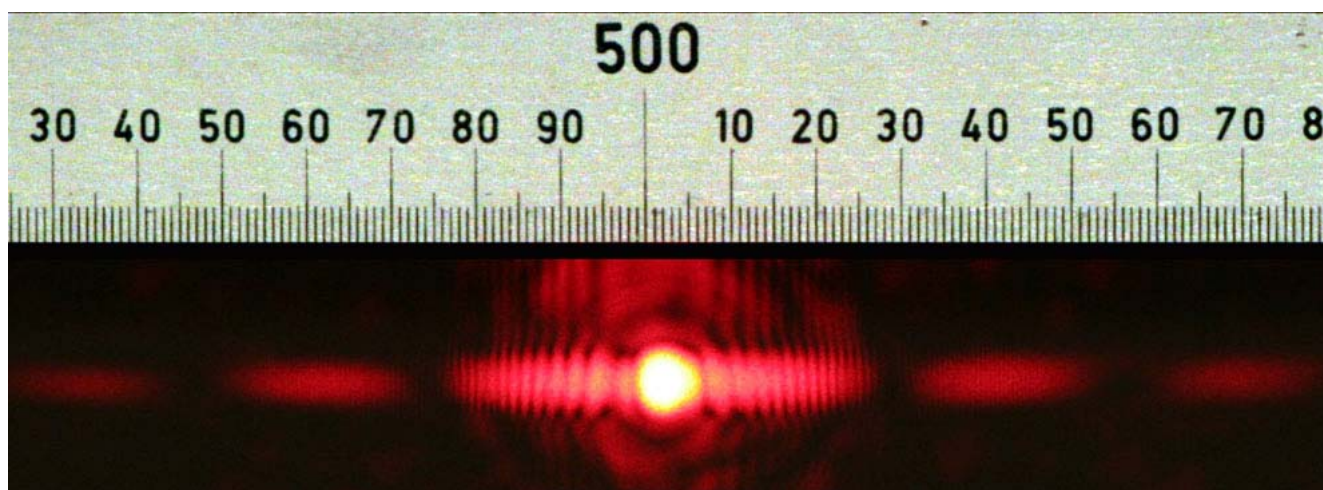
## **Fotografías**

Las fotografías de 1 a 8 son para obtener las medidas de  $L$ .

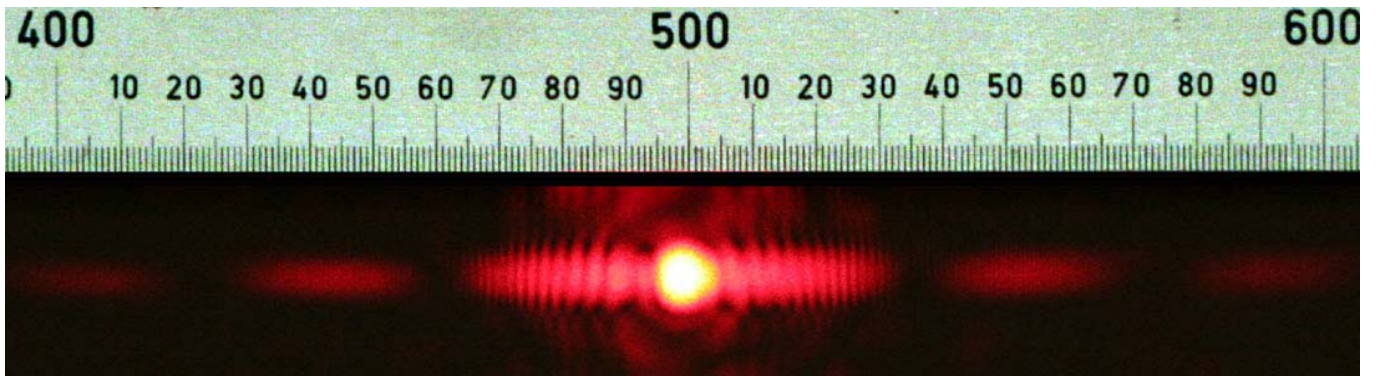
Fotografía 1 para toma de datos



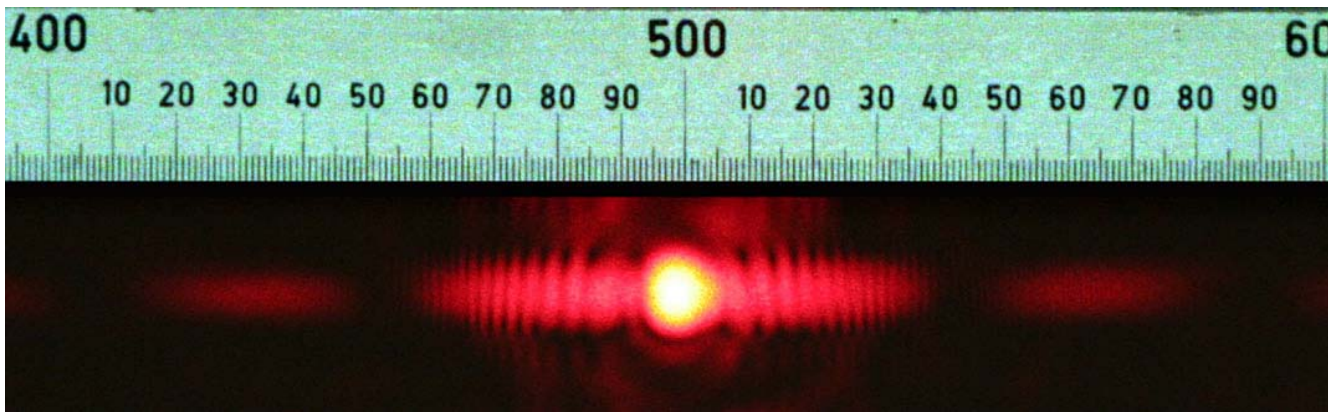
Fotografía 2 para toma de datos



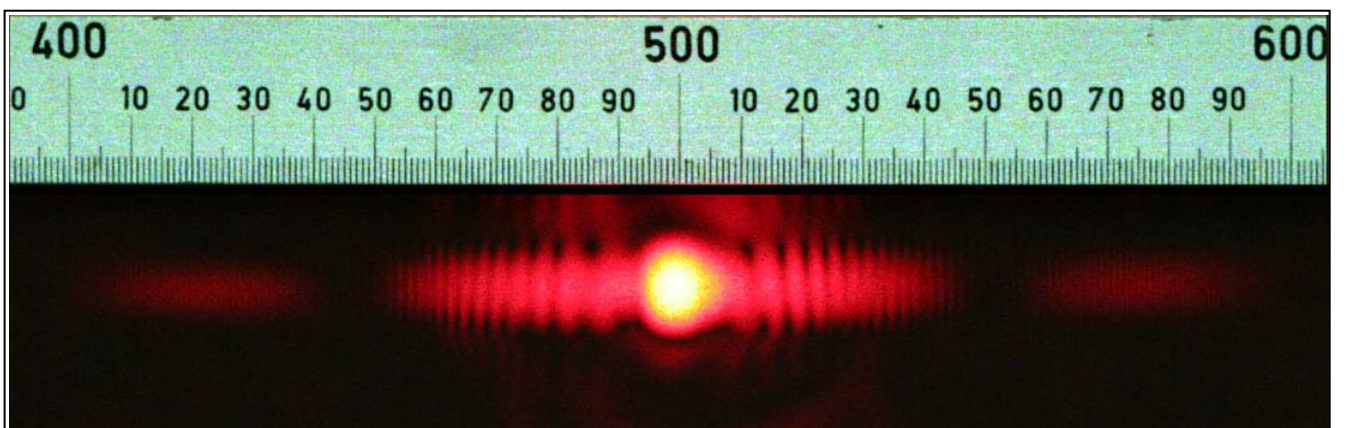
Fotografía 3 para toma de datos



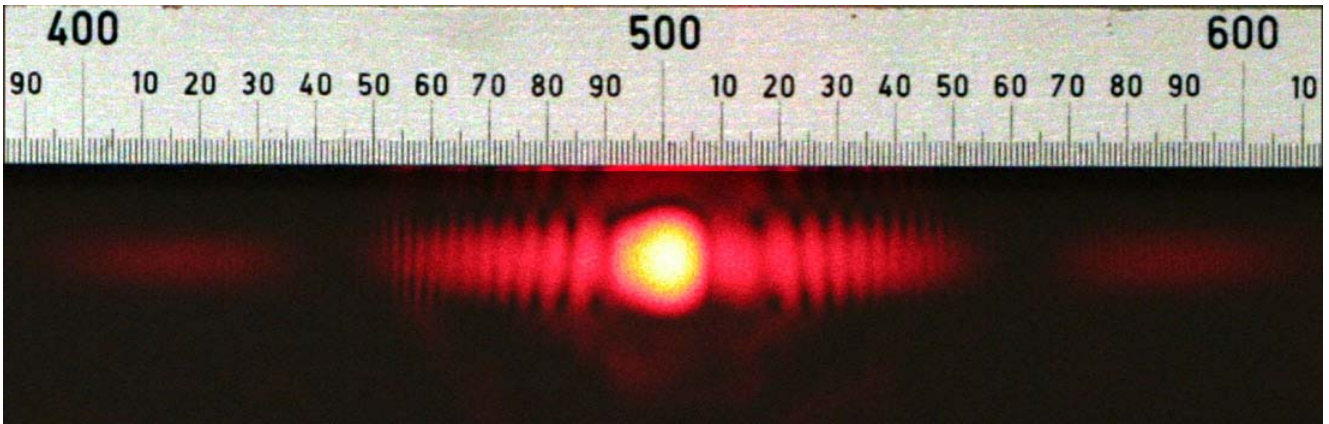
Fotografía 4 para toma de datos



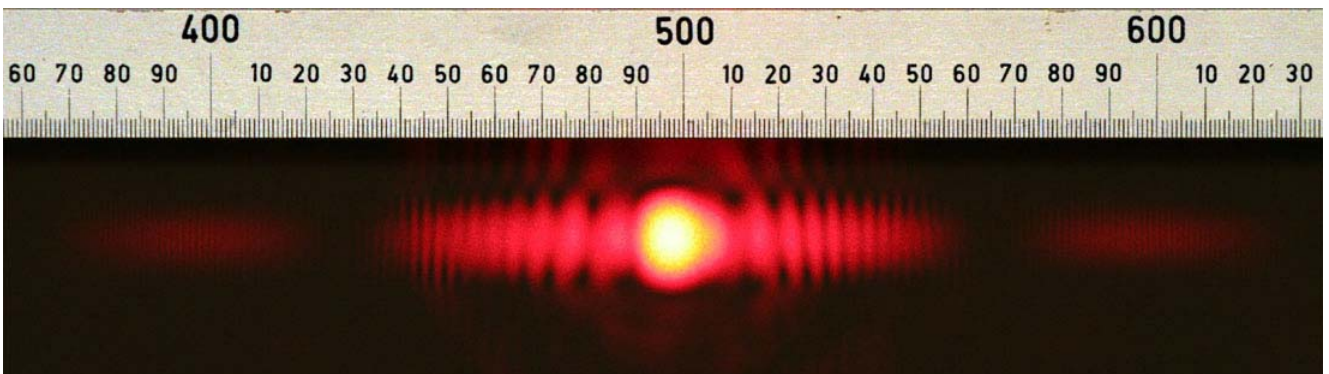
Fotografía 5 para toma de datos



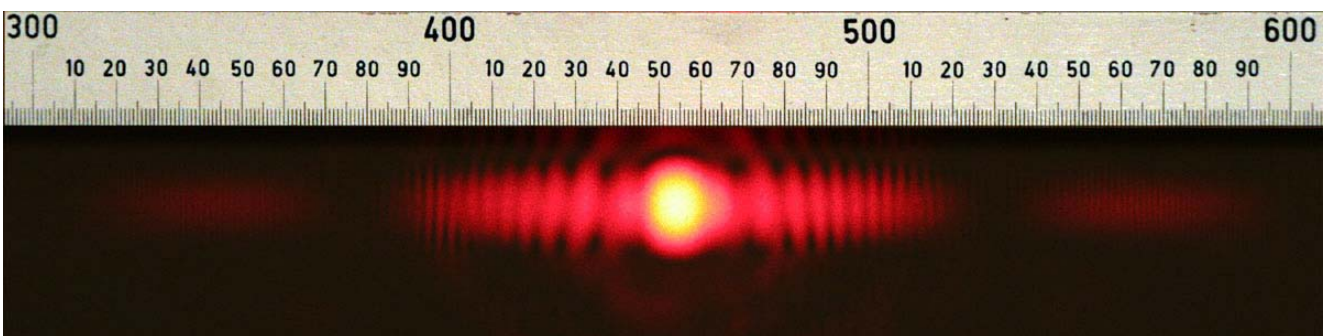
Fotografía 6 para toma de datos



Fotografía 7 para toma de datos



Fotografía 8 para toma de datos



Complete la tabla 1.

Tabla 1

<i>Distancia, D/m,</i>	<b>2,12</b>	<b>3,01</b>	<b>4,11</b>	<b>4,91</b>	<b>5,70</b>	<b>6,50</b>	<b>7,70</b>	<b>8,50</b>
<i>L/cm, ancho en la fotografía del máximo principal, con su incertidumbre</i>								
<i>Factor de escala, en mm/cm</i>								
<i>L/mm, real sin incertidumbre</i>								
<i>L<sub>mayor</sub> valor real /mm</i>								
<i>L<sub>menor</sub> valor real /mm</i>								
<i>D<sub>mayor</sub> /m</i>								
<i>D<sub>menor</sub> /m</i>								

## Gráficas

### Parte 1ª

1.- Con los valores de la tabla 1, sin emplear las incertidumbres, represente en el eje de ordenadas  $L$  y en el de abscisas  $D$ . Determine la pendiente de la recta y el valor de  $\frac{2 \lambda}{d}$ .

2.- La longitud de onda del láser He-Ne empleado es  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ . Calcule, a partir del valor encontrado en el apartado 1, el diámetro  $d$  del cabello, expresando el resultado en milímetros.

3.- En el apartado 1, la ordenada en el origen debe ser nula, pero el ajuste que haya hecho automáticamente la hoja de cálculo dará un valor diferente. Vuelva a hacer la representación del apartado 1 con la hoja de cálculo y obligue a la recta a pasar por el origen de coordenadas. Calcule  $d$ . Con los valores de los apartados 2 y 3 calcule el valor medio de  $d$  con su incertidumbre.

### Parte 2ª

Represente en el mismo gráfico: a)  $L_{\text{mayor}}$  (eje Y) frente a  $D_{\text{menor}}$  (eje X), b)  $L_{\text{menor}}$  (eje Y) frente a  $D_{\text{mayor}}$  (eje X). Mande trazar las rectas para a) y b) obligándolas a pasar por el origen de coordenadas. Tome como valor más probable el valor medio de las dos pendientes y dé como incertidumbre de  $b$  (diámetro del cabello), un número que sumado o restado del valor medio abarque a los dos anteriores.