Determinación del módulo de Young: método estático

Laboratorio 4 - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA)

Juan Octavio Castro
Sofía Correa

Objetivos

- Determinar el valor del módulo de Young de una barra de acero inoxidable (304) a partir de un método estático

Objetivos

- Determinar el valor del módulo de Young de una barra de acero inoxidable (304) a partir de un método estático
- Aprender a procesar imágenes

Teoría

Módulo de Young → ¿Qué es?

Teoría

Ley de Hooke: fuerza proporcional al estiramiento

Teoría

Ley de Hooke: fuerza proporcional al estiramiento

$$F_e \propto \Delta x$$

Teoría

Ley de Hooke: fuerza proporcional al estiramiento

$$F_e \propto \Delta x$$

$$F \propto A \frac{\Delta l}{l}$$

Teoría

Ley de Hooke: fuerza proporcional al estiramiento

$$F_e \propto \Delta x$$

K

$$F \propto A \frac{\Delta l}{l}$$

Teoría

Ley de Hooke: fuerza proporcional al estiramiento

$$F_e \propto \Delta x$$

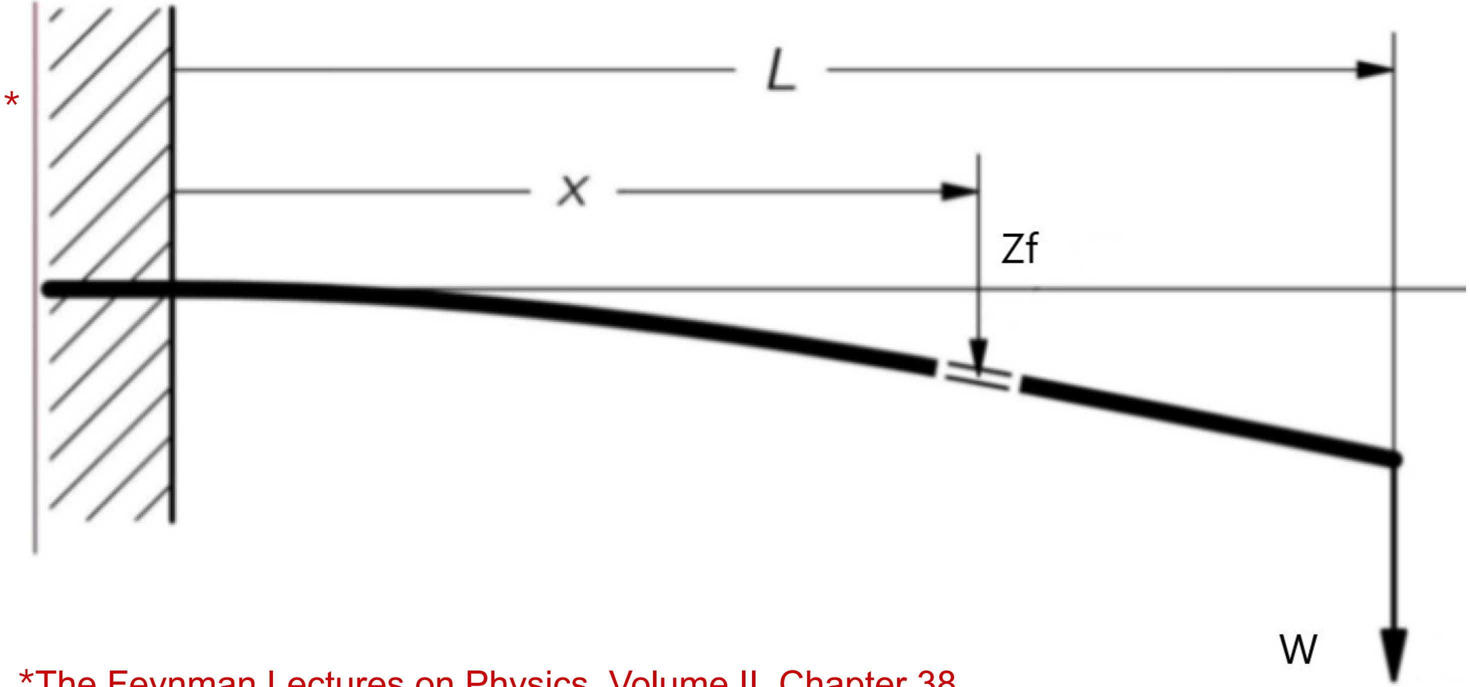
$$F \propto A \frac{\Delta l}{l}$$

K

E

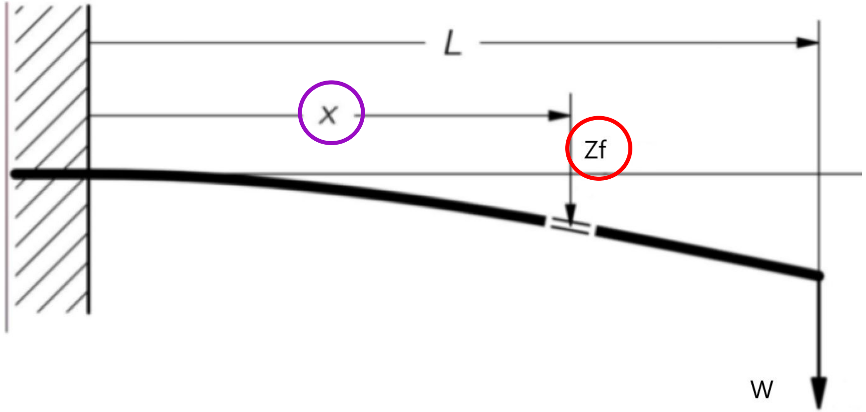
Teoría

Barra en voladizo:



*The Feynman Lectures on Physics, Volume II, Chapter 38

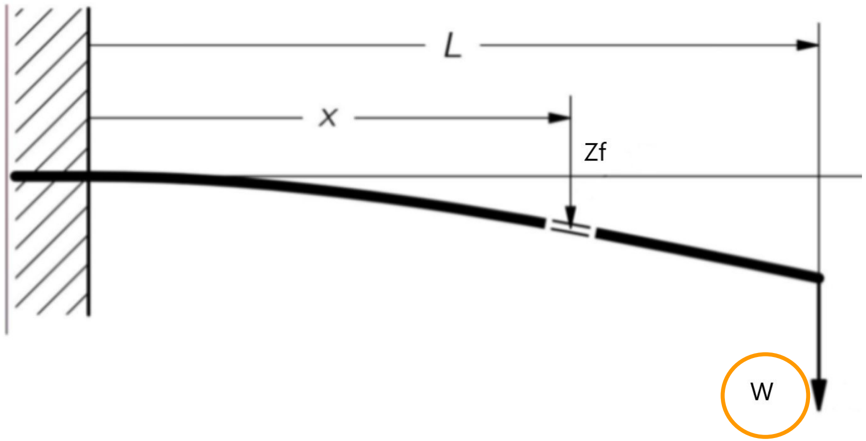
Teoría



$$z_f = \frac{W}{EI}\left(\frac{Lx^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

Zf: apartamiento de la barra respecto del equilibrio a una distancia x del punto de apoyo

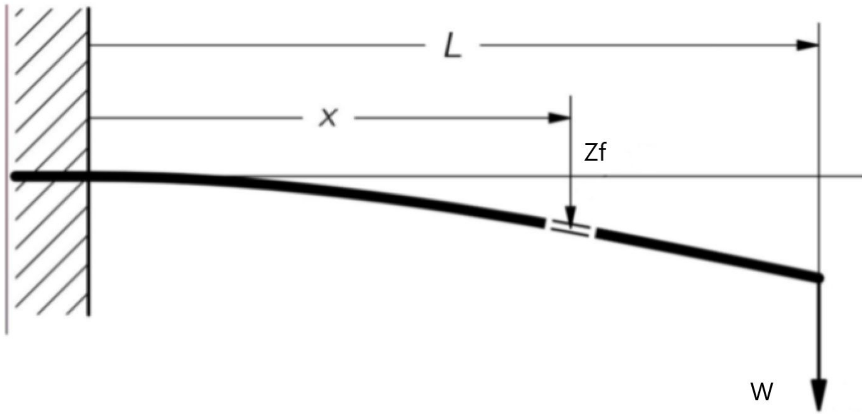
Teoría



$$z_f = \frac{W}{E\,I}\left(\frac{L\,x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

En este caso la fuerza es el peso

Teoría

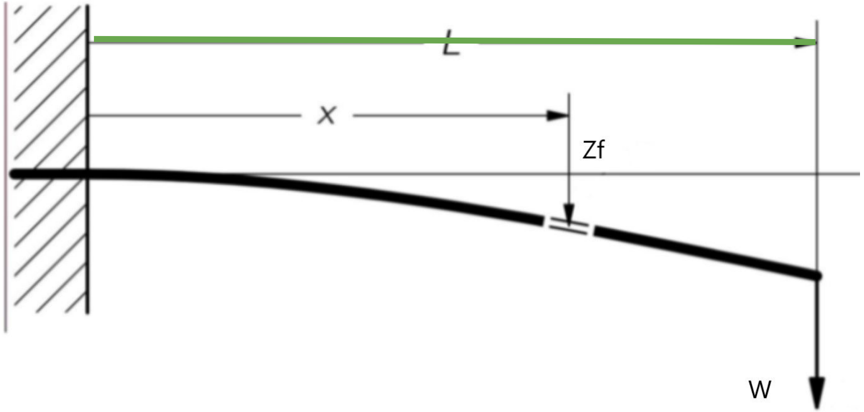


$$z_f = \frac{W}{E\,I}\left(\frac{L\,x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

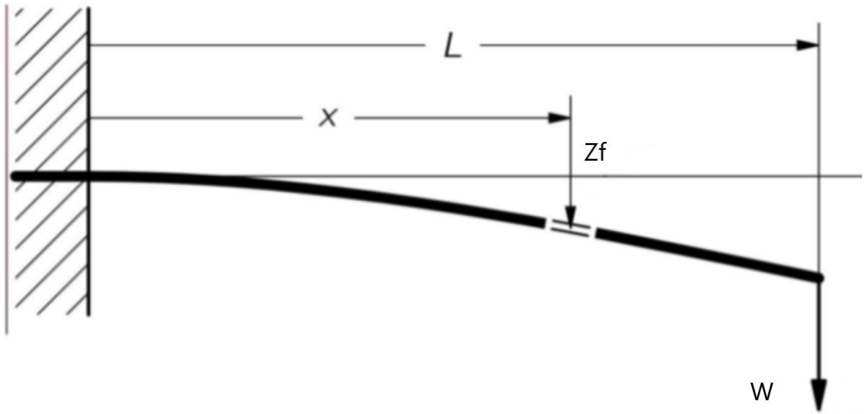
Momento de inercia de la sección transversal de la barra

Teoría



$$z_f = \frac{W}{EI}\left(\frac{L\,x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

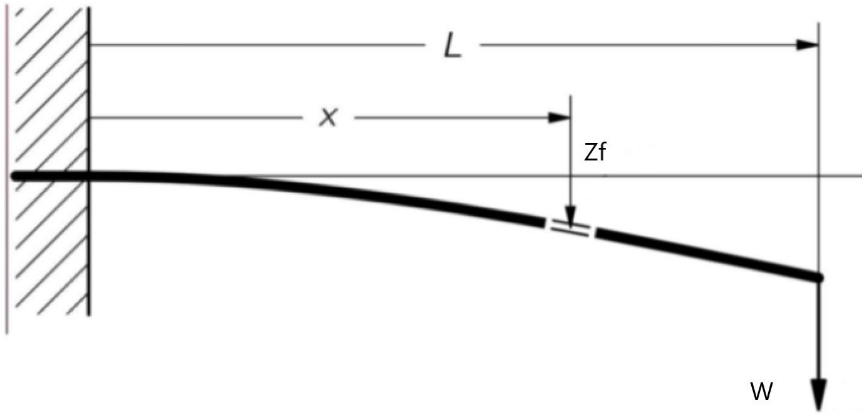
Teoría



$$z_f = \frac{W}{EI}\left(\frac{L\,x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

Módulo de Young!!!

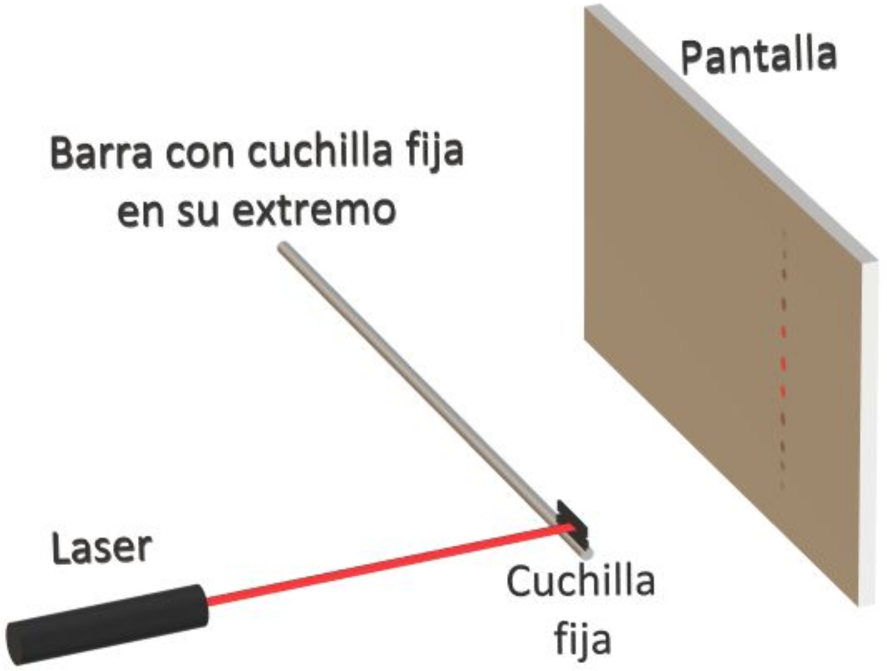
Teoría



$$z_f = \frac{W}{E\,I}\left(\frac{L\,x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

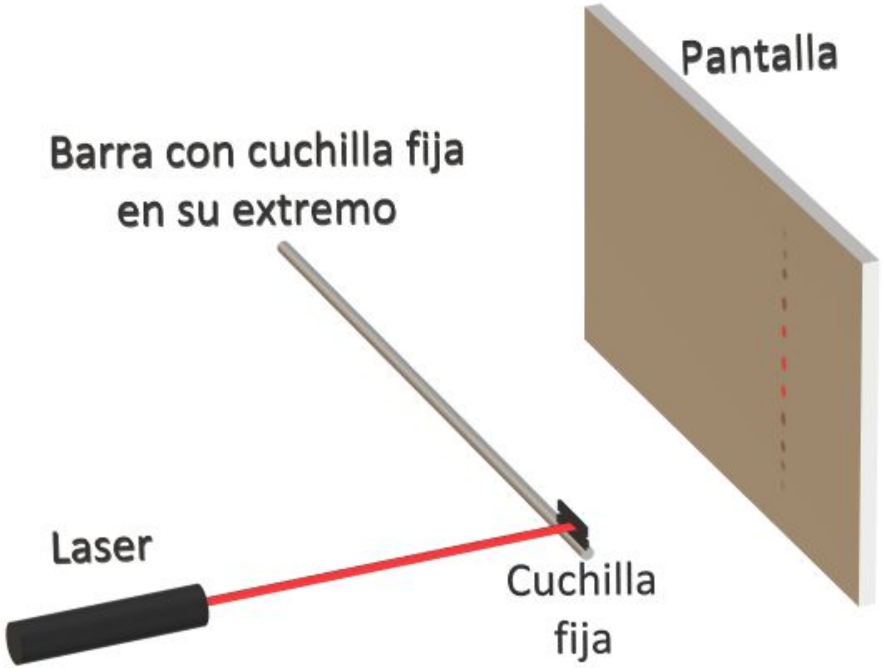
Constante

Teoría



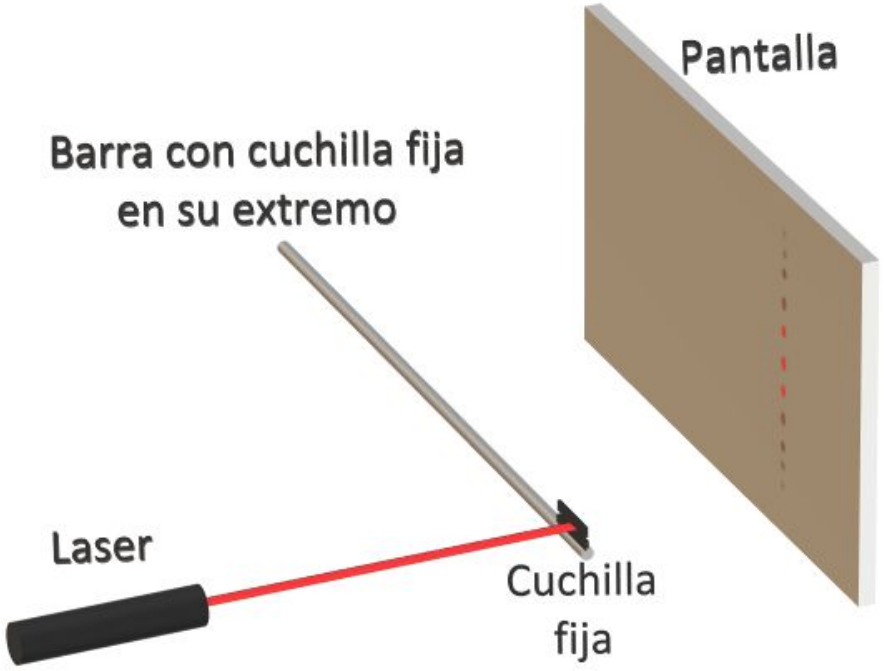
Queremos Zf!!!

Teoría



$$I(y) \propto \frac{sin^2(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})}{(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})^2}$$

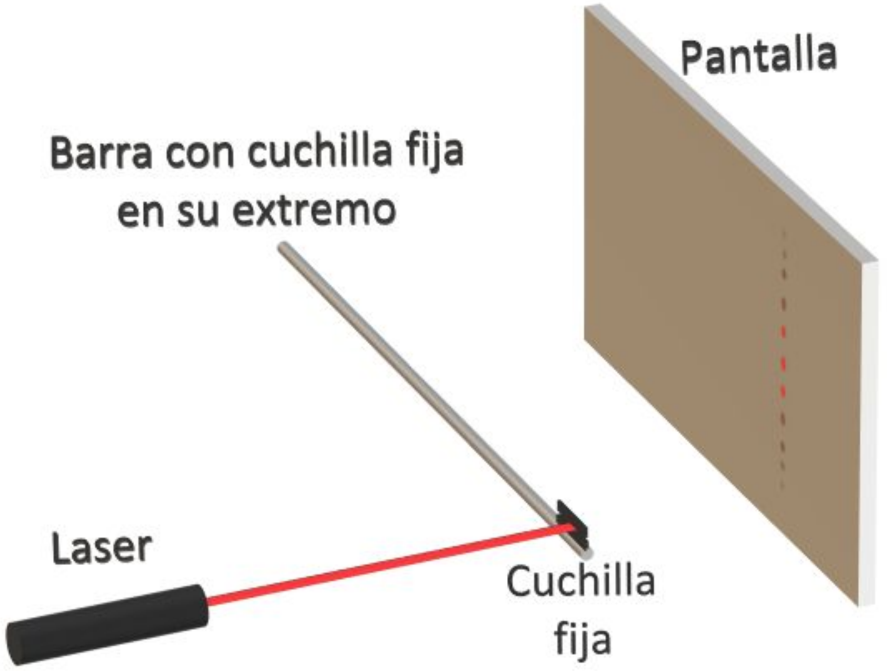
Teoría



$$I(y) \propto \frac{sin^2(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})}{(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})^2}$$

$$z_r^2 \ll D\,\lambda$$

Teoría

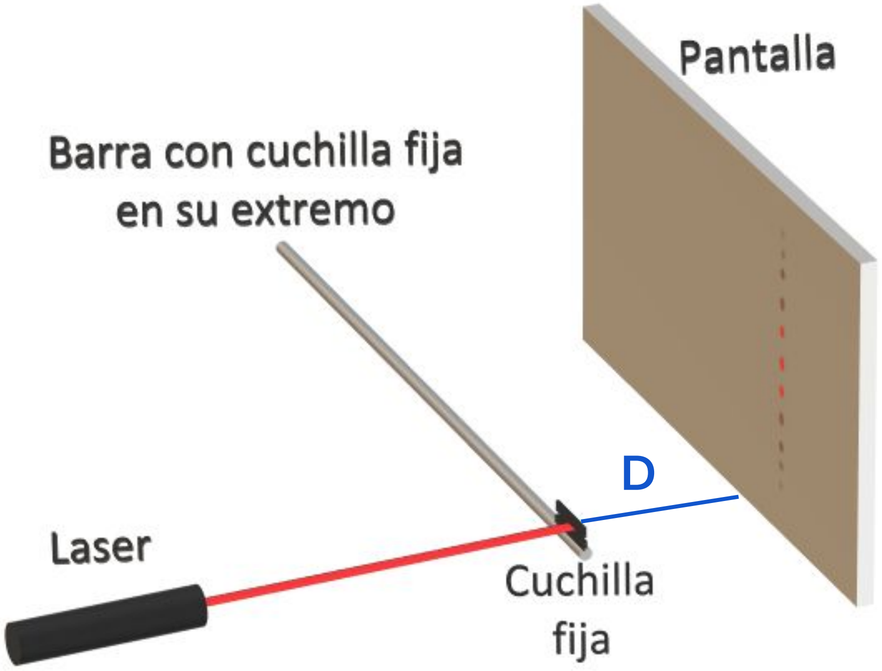


Apertura de la rendija

$$I(y) \propto \frac{sin^2(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})}{(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})^2}$$

$$z_r^2 \ll D\,\lambda$$

Teoría

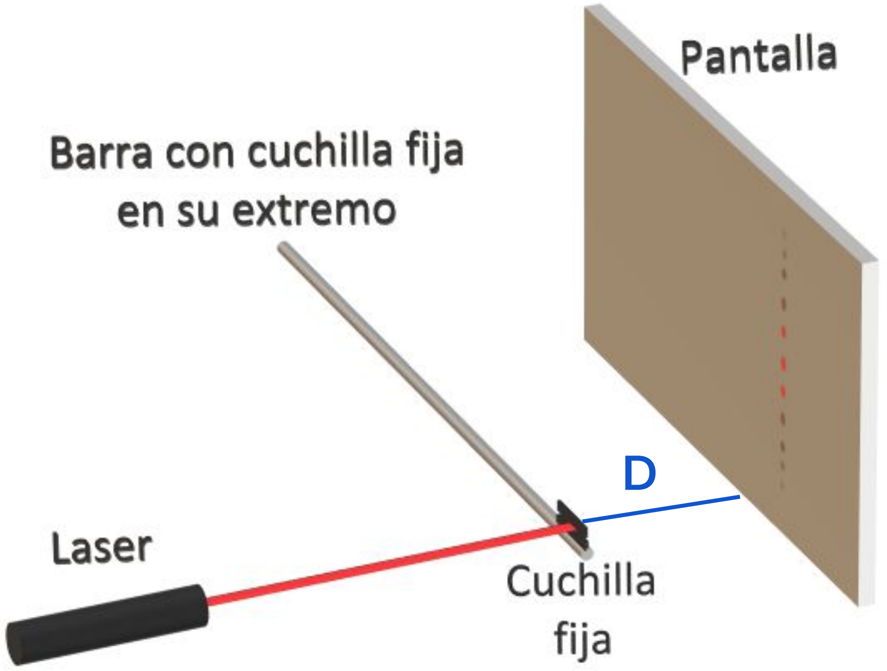


Apertura de la rendija

$$I(y) \propto \frac{sin^2(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})}{(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})^2}$$

$$z_r^2 \ll D\,\lambda$$

Teoría



$$I(y) \propto \frac{sin^2\left(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D}\right)}{\left(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D}\right)^2}$$

Apertura de la rendija

Distancia al centro del patrón

$$z_r^2 \ll D\,\lambda$$

$$I(y) \propto \frac{sin^2(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})}{(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})^2}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda\, D}{z_r} \implies z_r = \frac{\lambda\, D}{\Delta y}$$

$$I(y) \propto \frac{sin^2(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})}{(\frac{\pi\, y\, z_r}{\lambda\, D})^2}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda\, D}{z_r} \implies z_r = \frac{\lambda\, D}{\Delta y}$$

Apertura de la rendija

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{z_r} \Longrightarrow z_r = \frac{\lambda D}{\Delta y}$$

Obtenemos Zr

Apertura de la rendija

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{z_r} \Longrightarrow z_r = \frac{\lambda D}{\Delta y}$$

Obtenemos Zr

Apertura de la rendija

$$z_f = \frac{W}{EI}\left(\frac{L x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

Despejamos E

Flexión

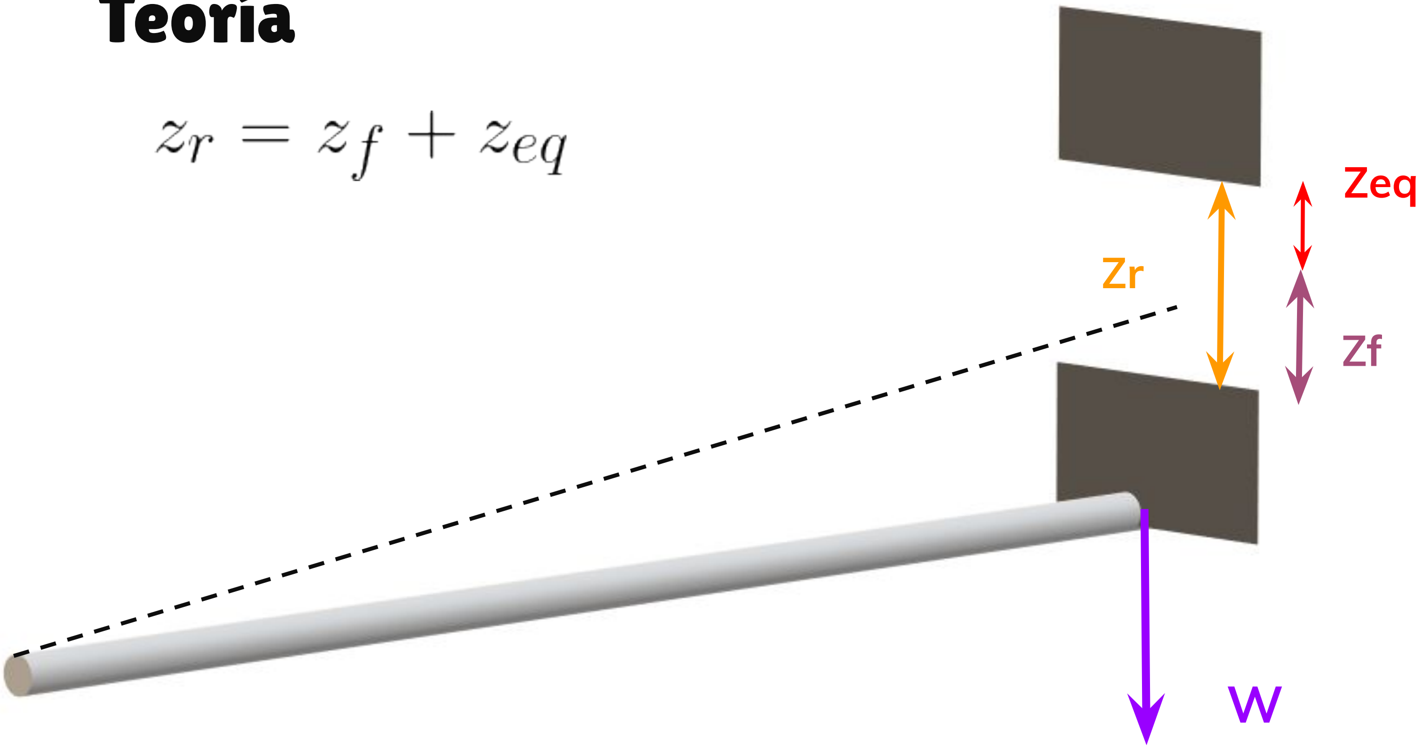
Teoría

Teoría

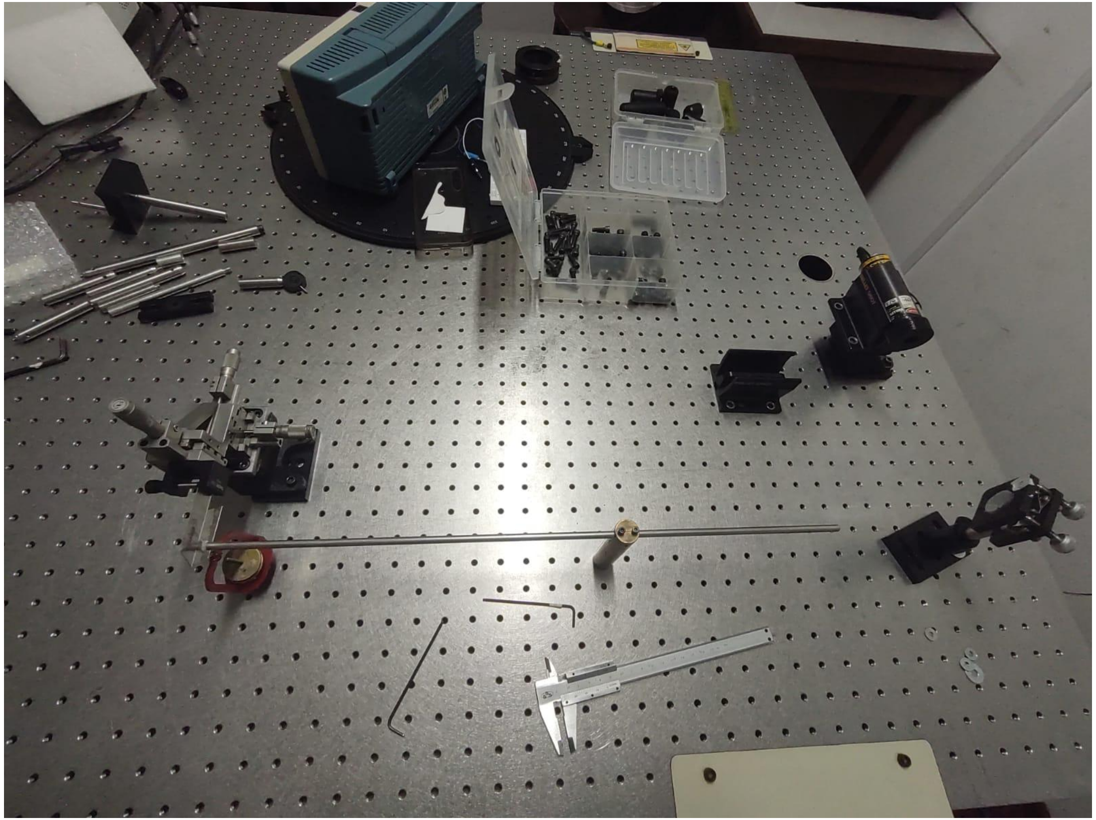
$$\Delta y_{eq} = \frac{\lambda D}{z_{eq}} \Longrightarrow z_{eq} = \frac{\lambda D}{\Delta y_{eq}}$$

Teoría

$$z_r = z_f + z_{eq}$$



¿Cómo hicimos esto en el laboratorio?

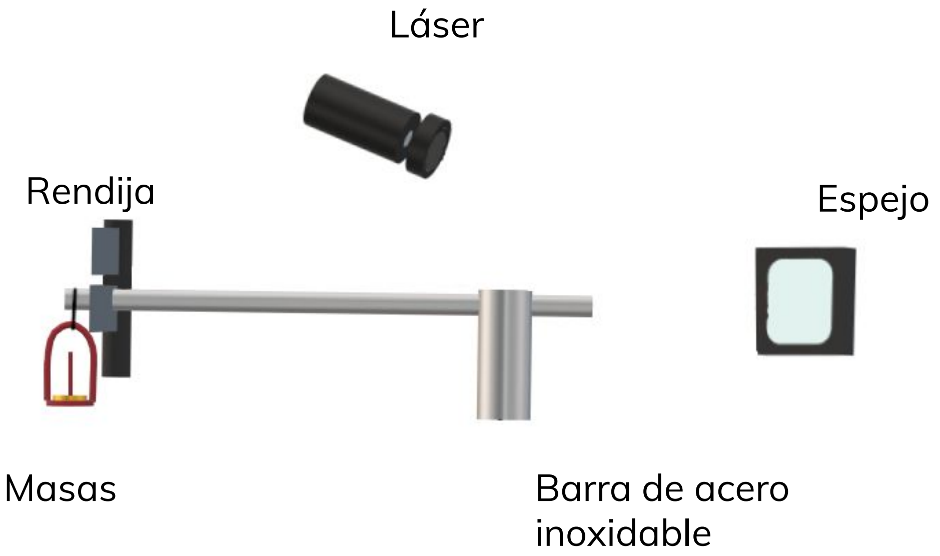


Esquema experimental

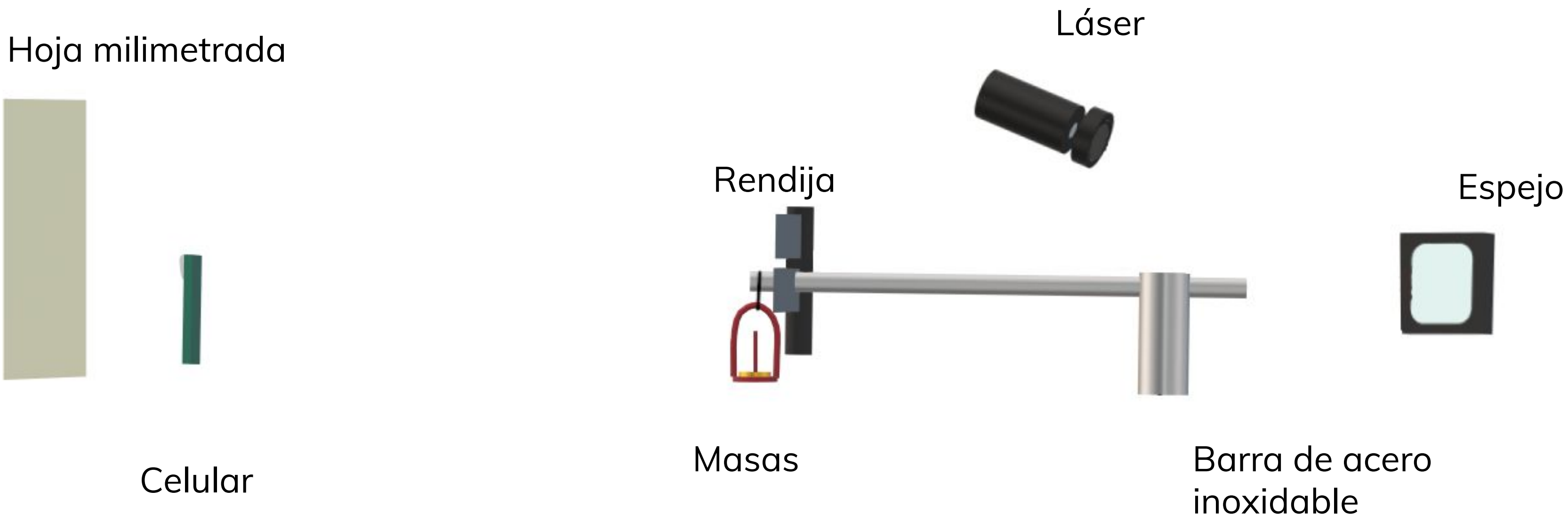
Láser

Esquema experimental

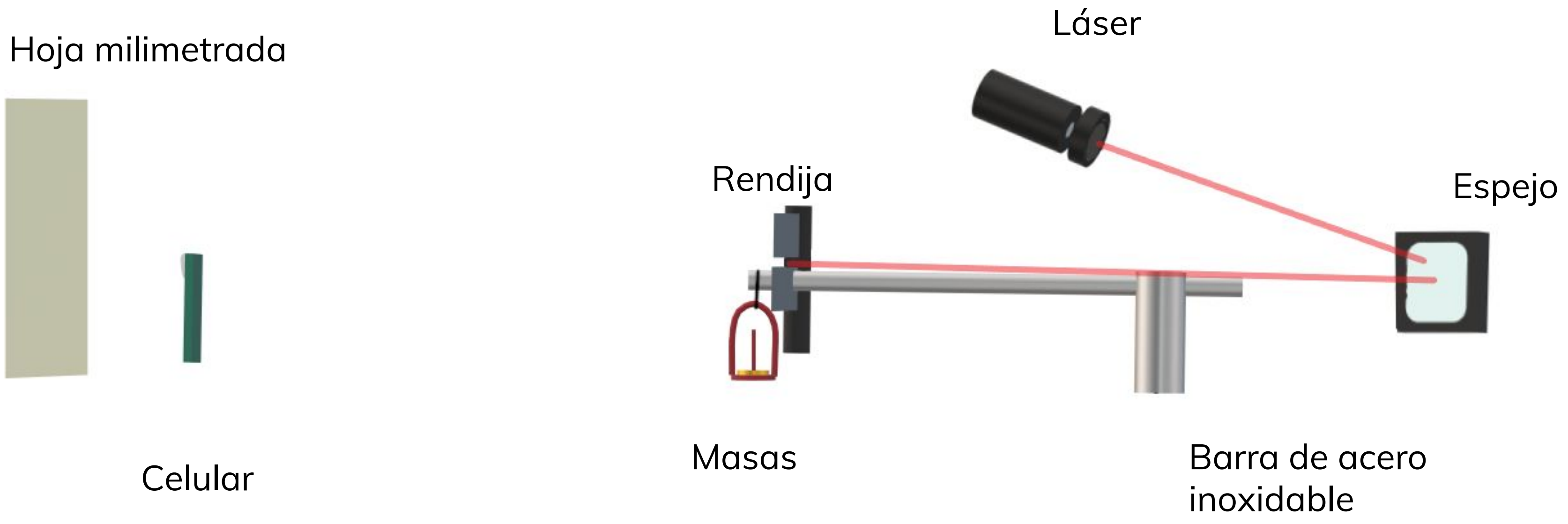
Esquema experimental



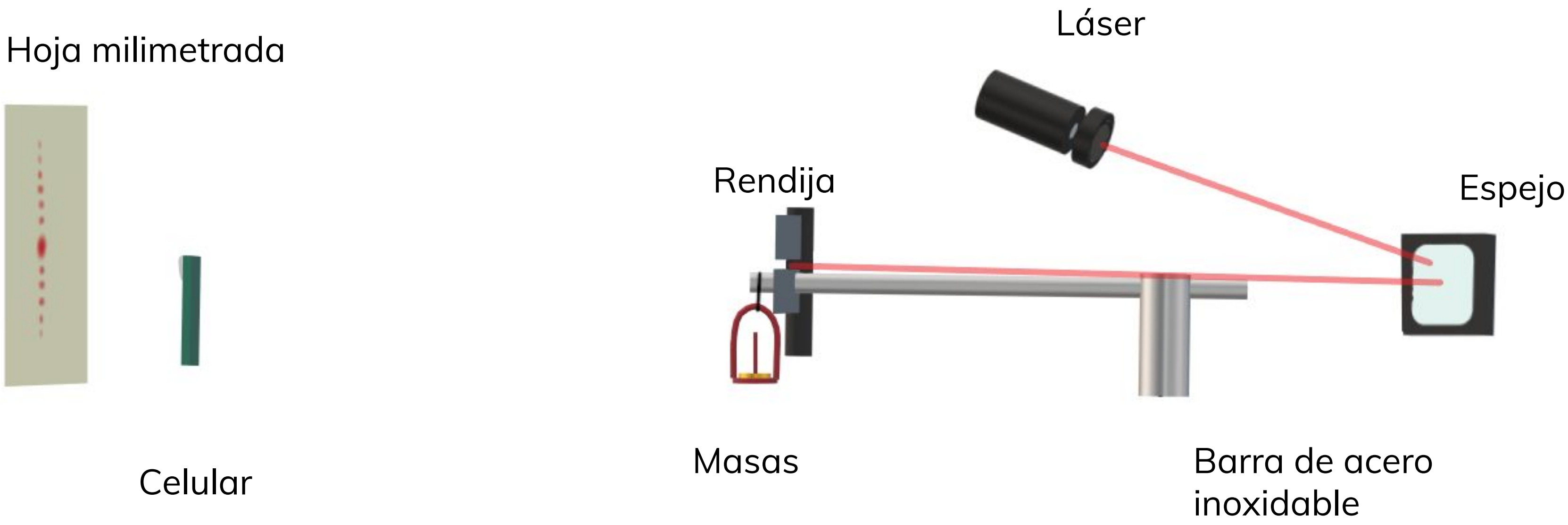
Esquema experimental



Esquema experimental

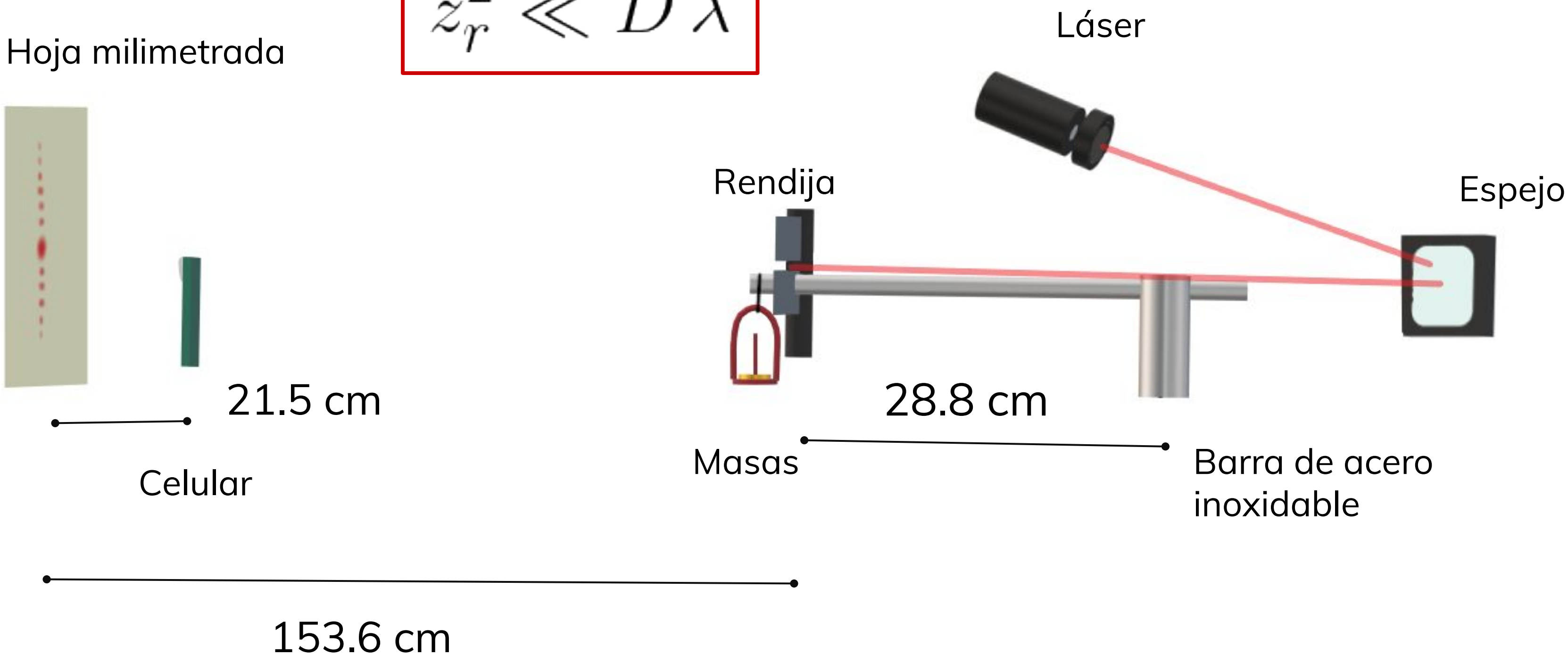


Esquema experimental



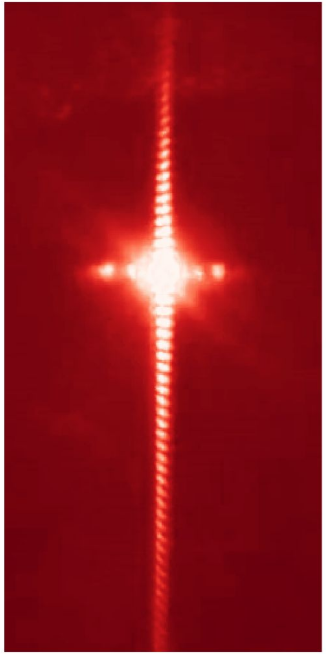
Esquema experimental

$$\boxed{z_r^2 \ll D\,\lambda}$$



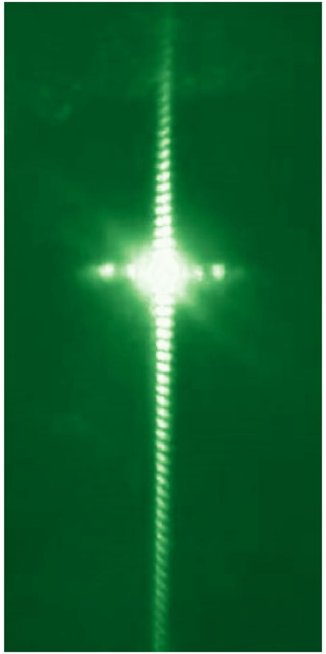
Procesamiento de imágenes: formato

R



Rojo

G

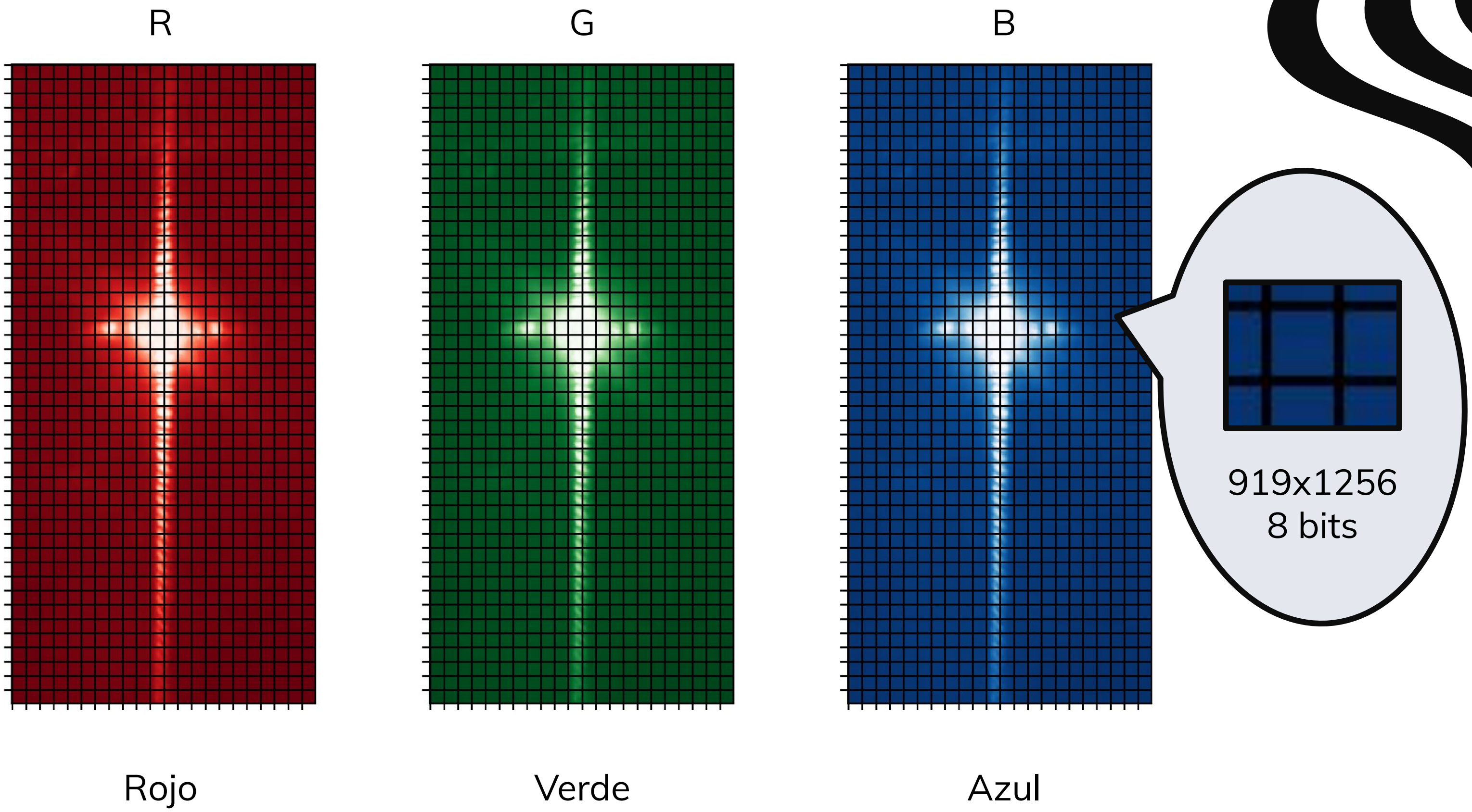


Verde

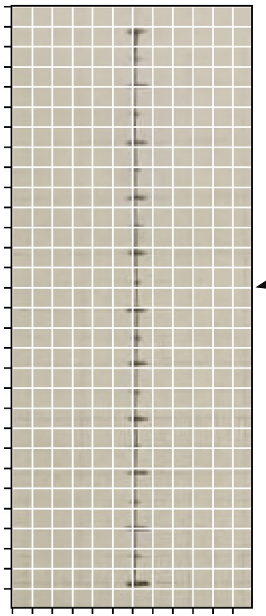
B

Azul

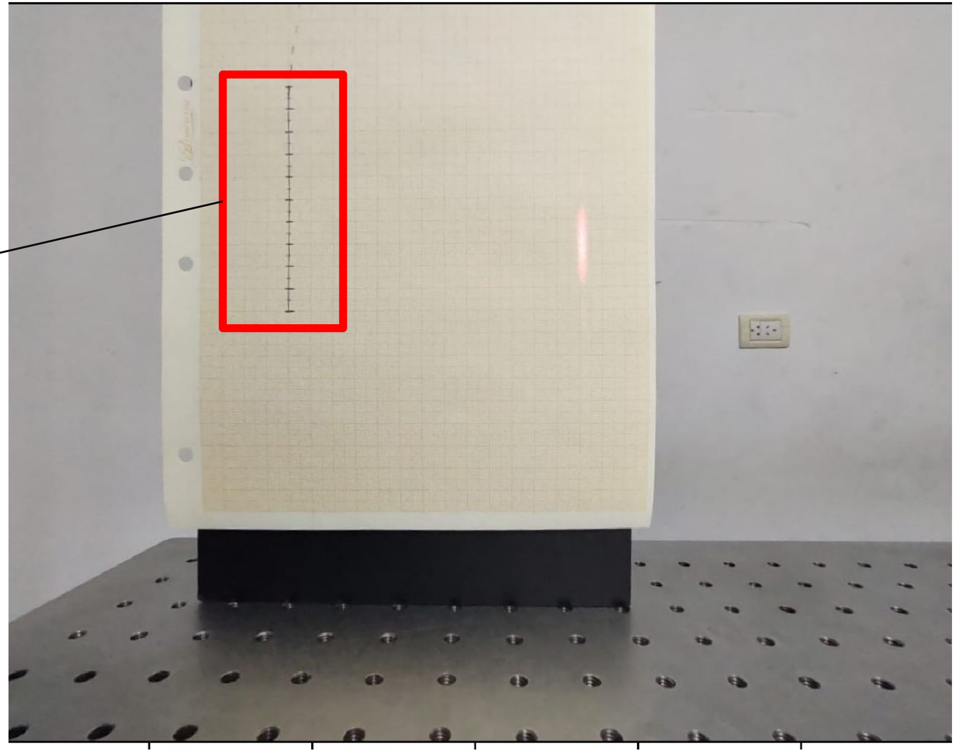
Procesamiento de imágenes: formato



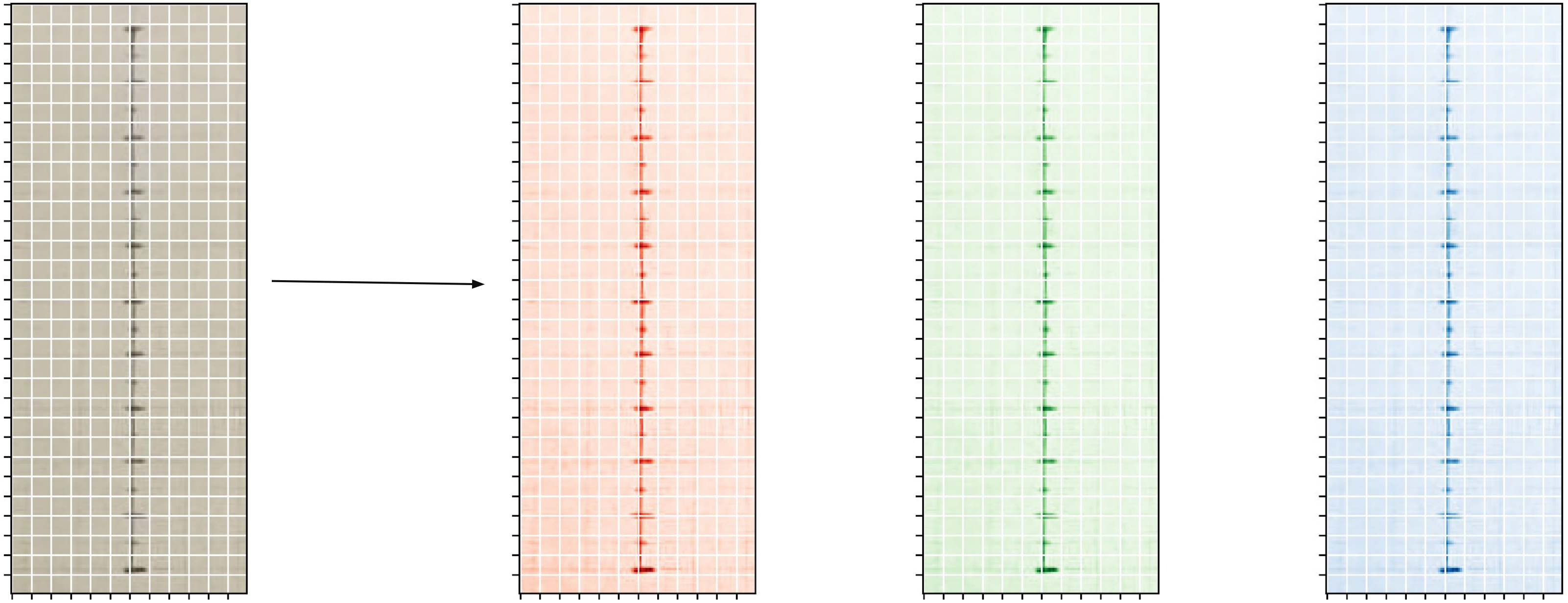
Procesamiento de imágenes



Recorte

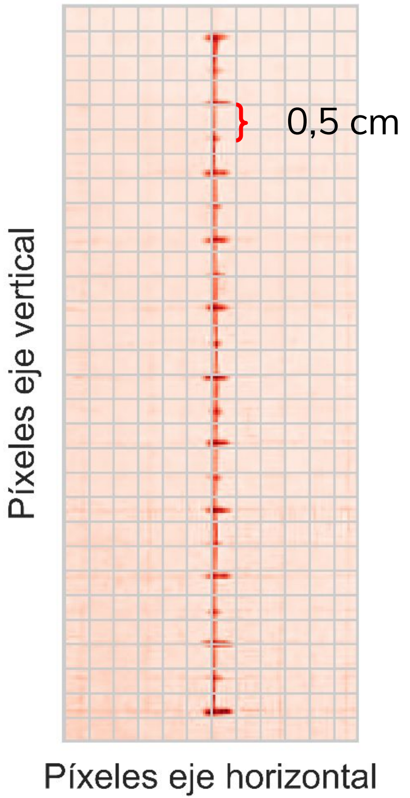


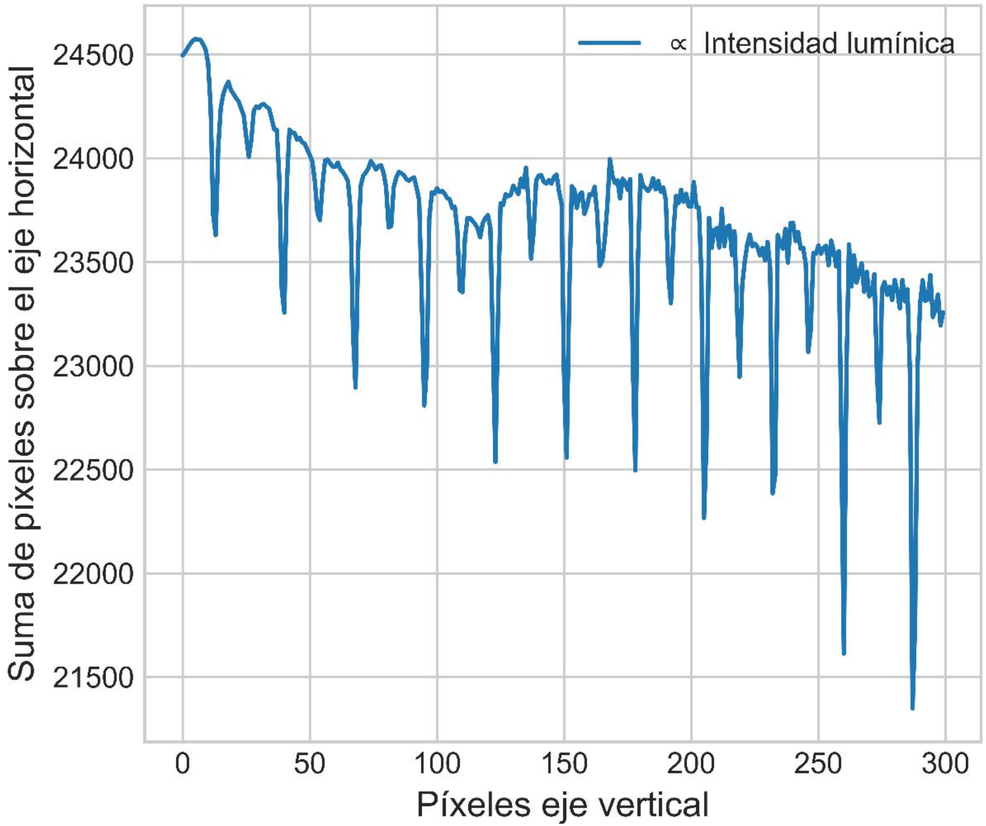
Procesamiento de imágenes



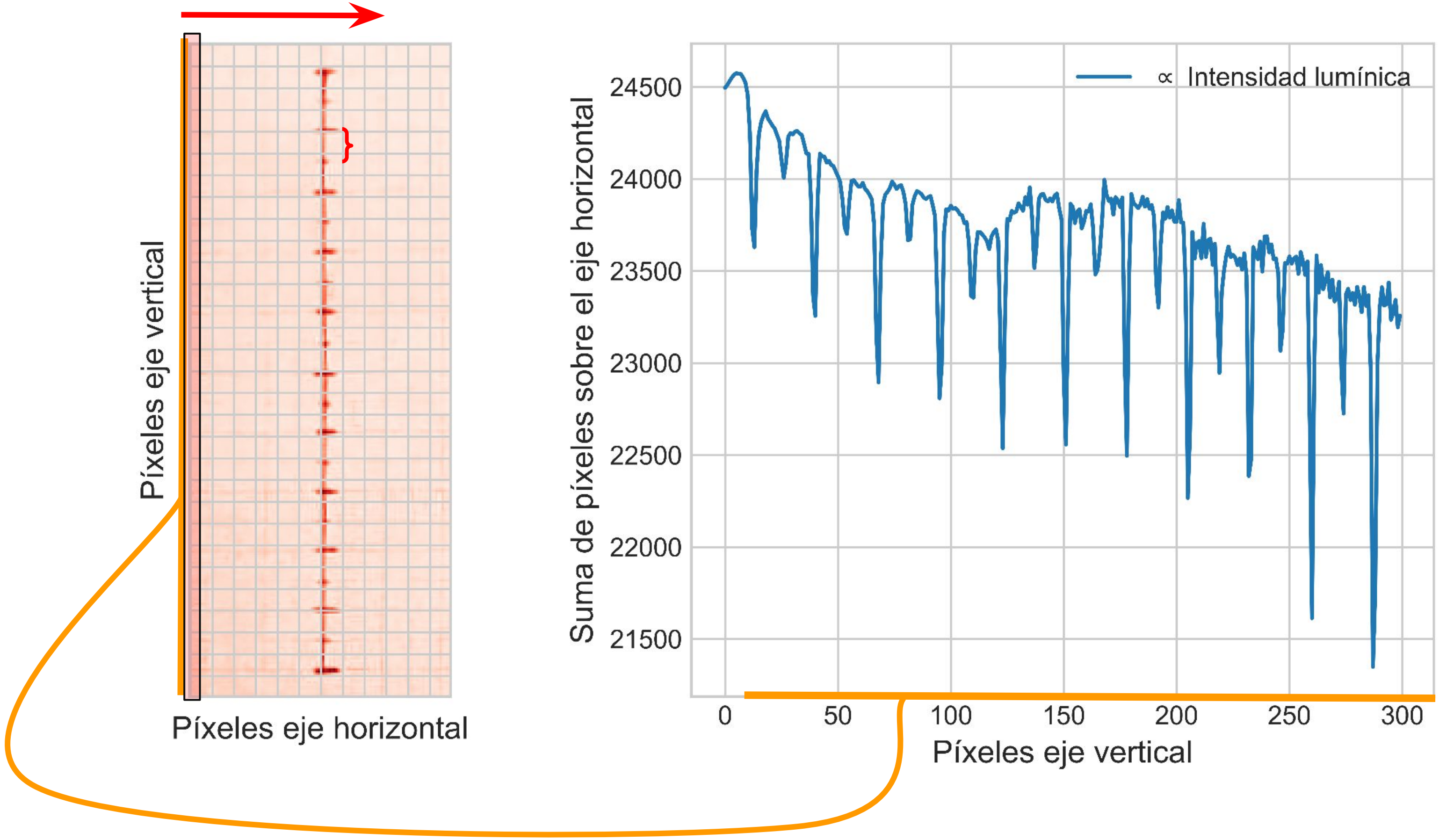
Recorte Rojo Verde Azul

Perfil de intensidad y conversión de unidades

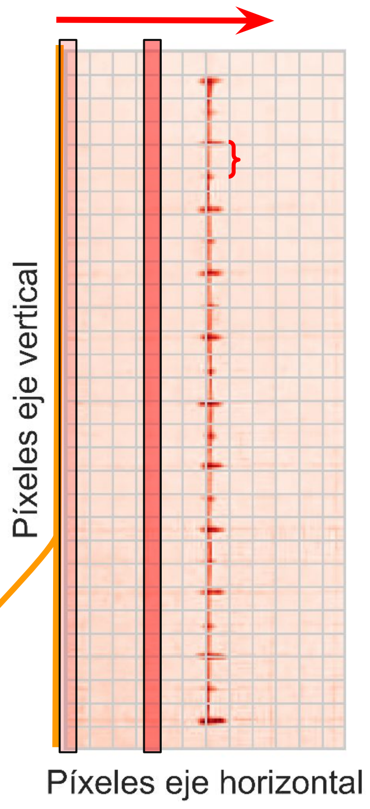


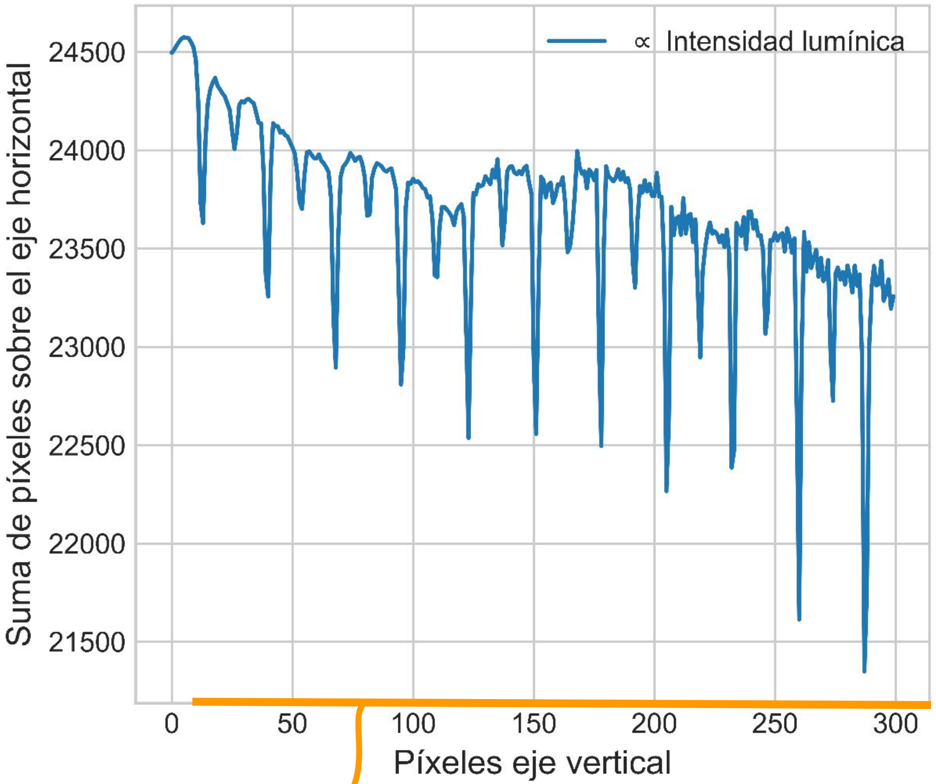


Perfil de intensidad y conversión de unidades

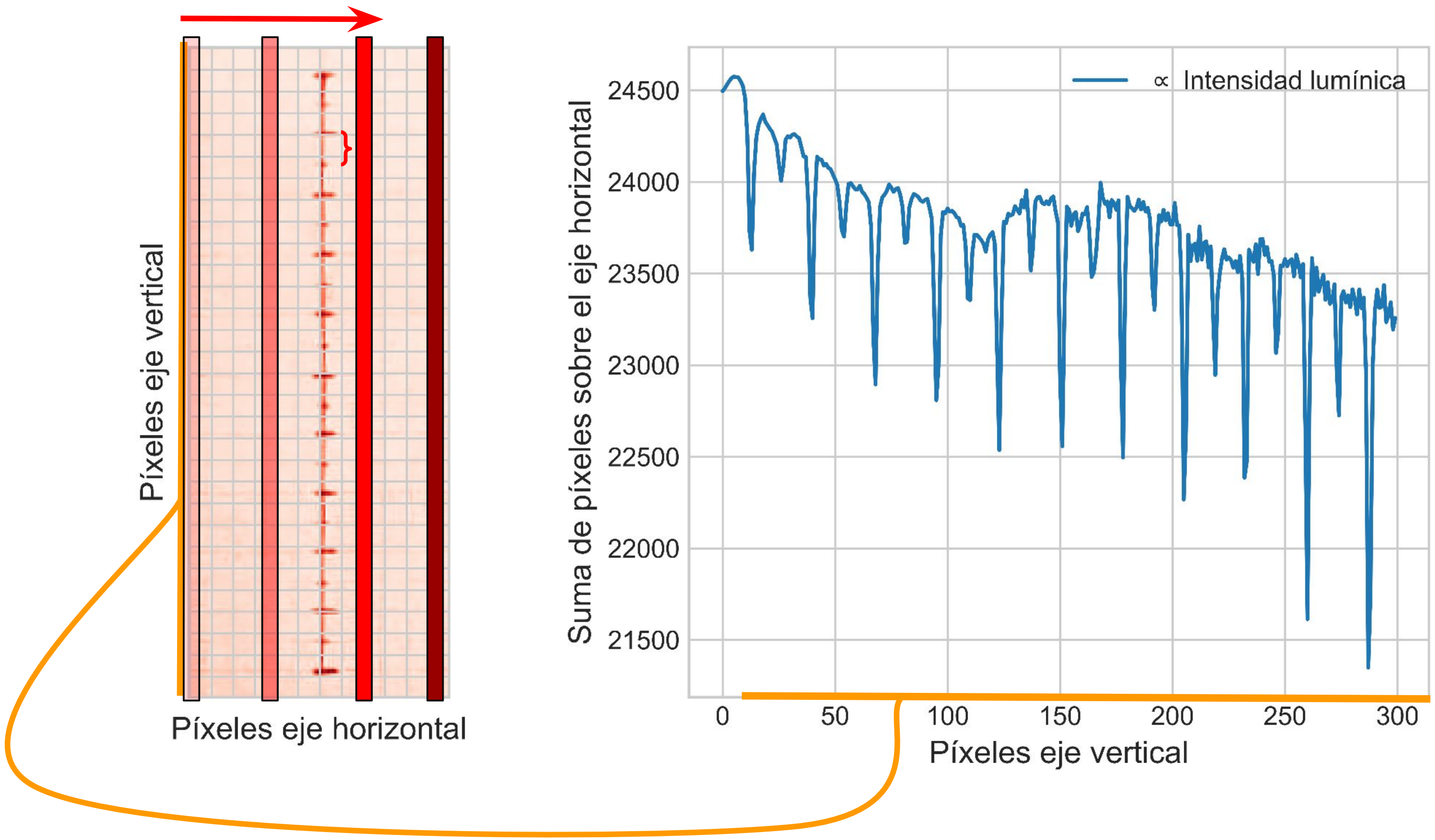


Perfil de intensidad y conversión de unidades

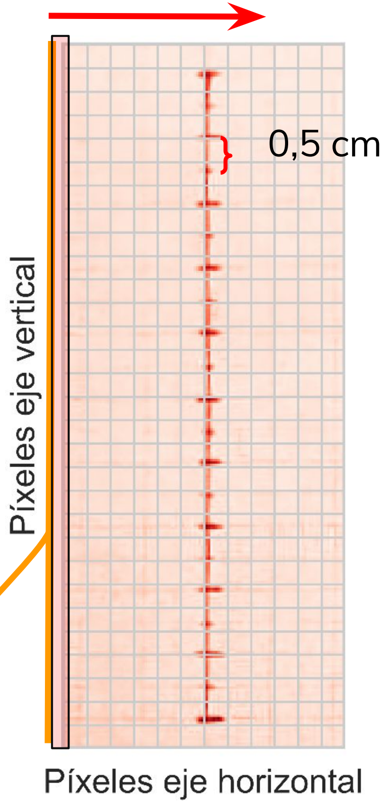


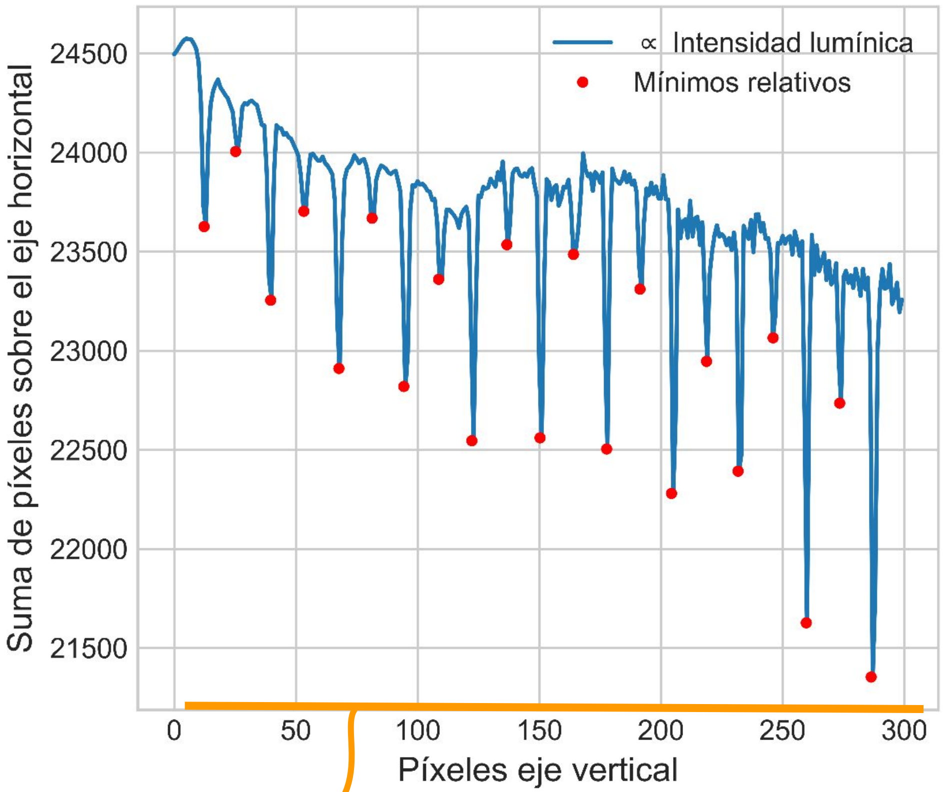


Perfil de intensidad y conversión de unidades

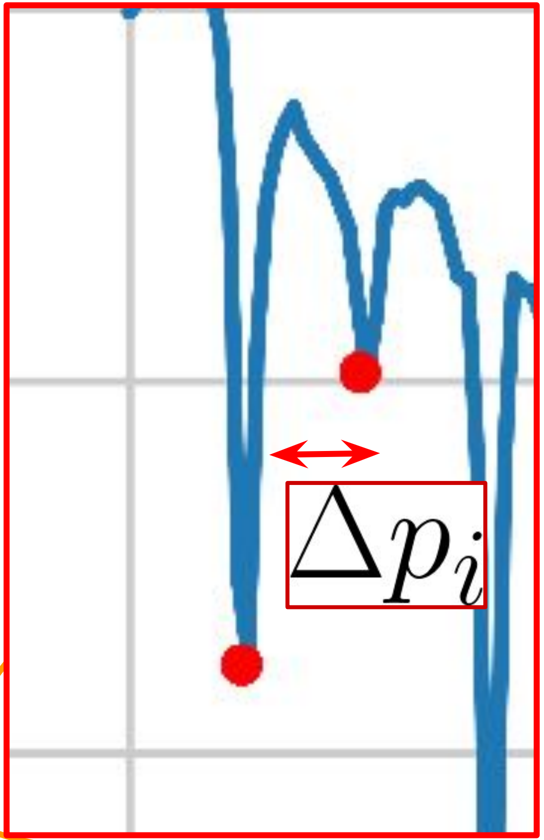


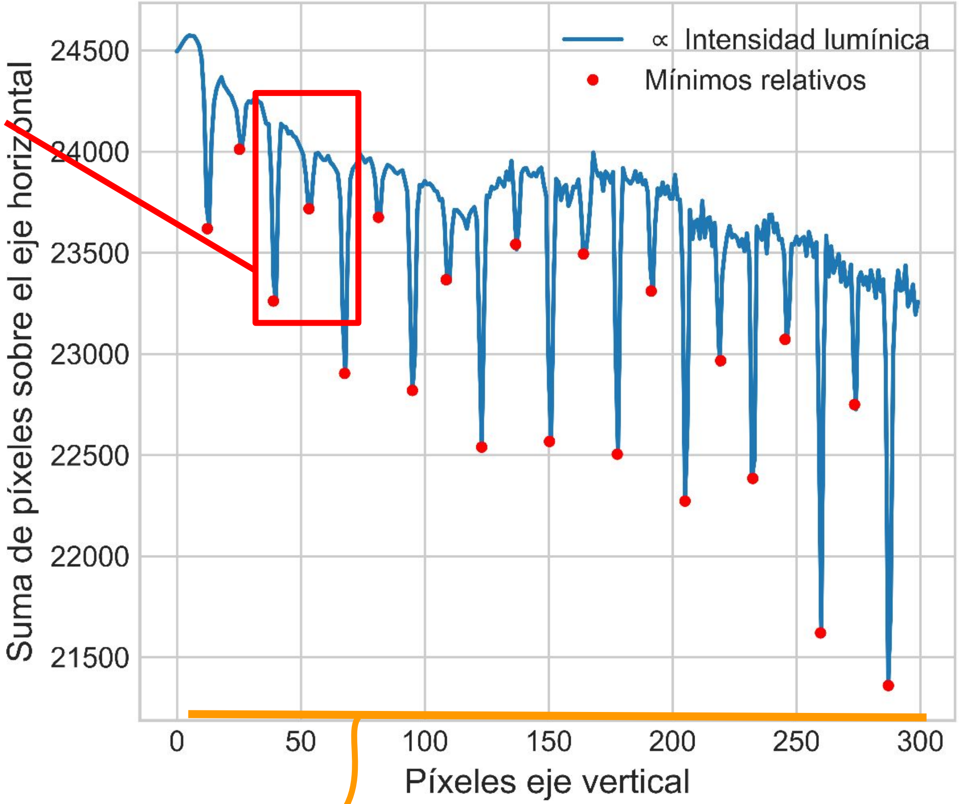
Perfil de intensidad y conversión de unidades



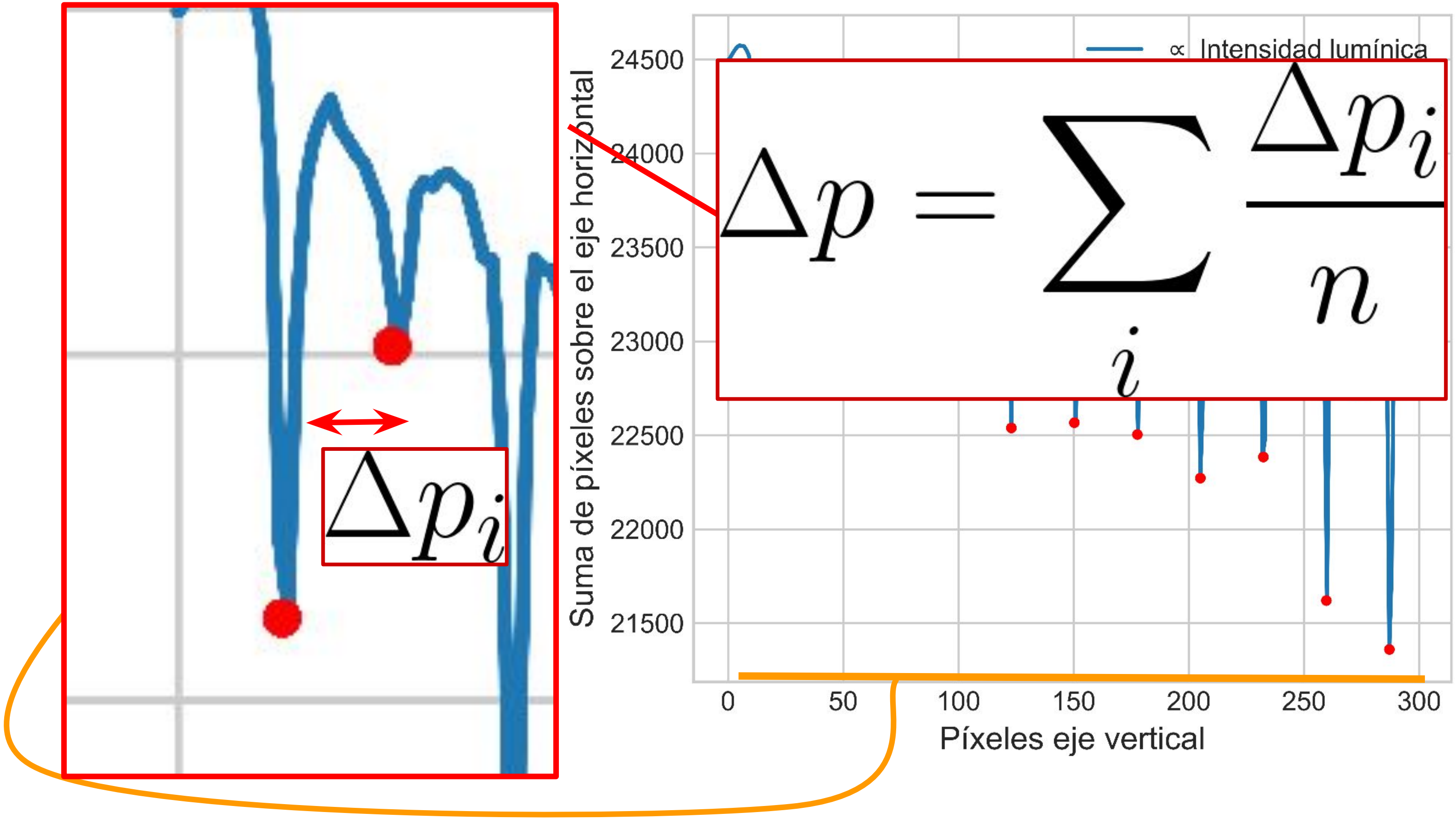


Procesamiento de imágenes: conversión de unidades





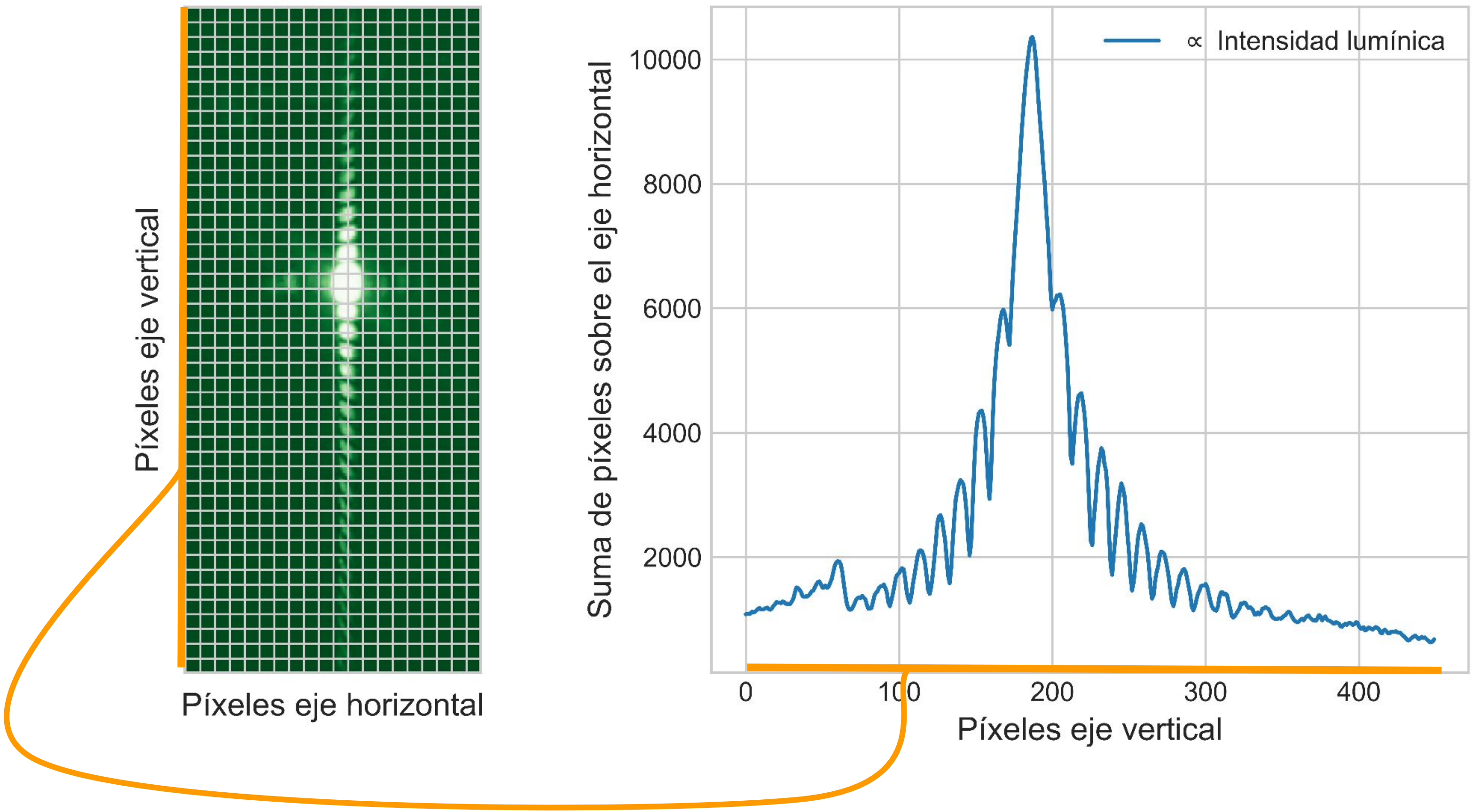
Perfil de intensidad y conversión de unidades



$$\Delta p = \sum_i \frac{\Delta p_i}{n}$$

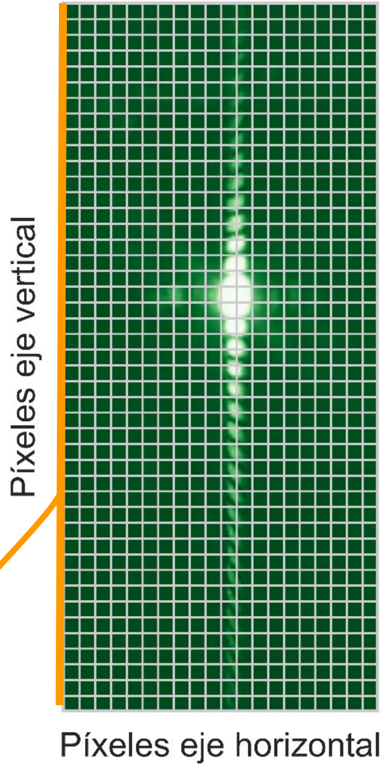
Resultados

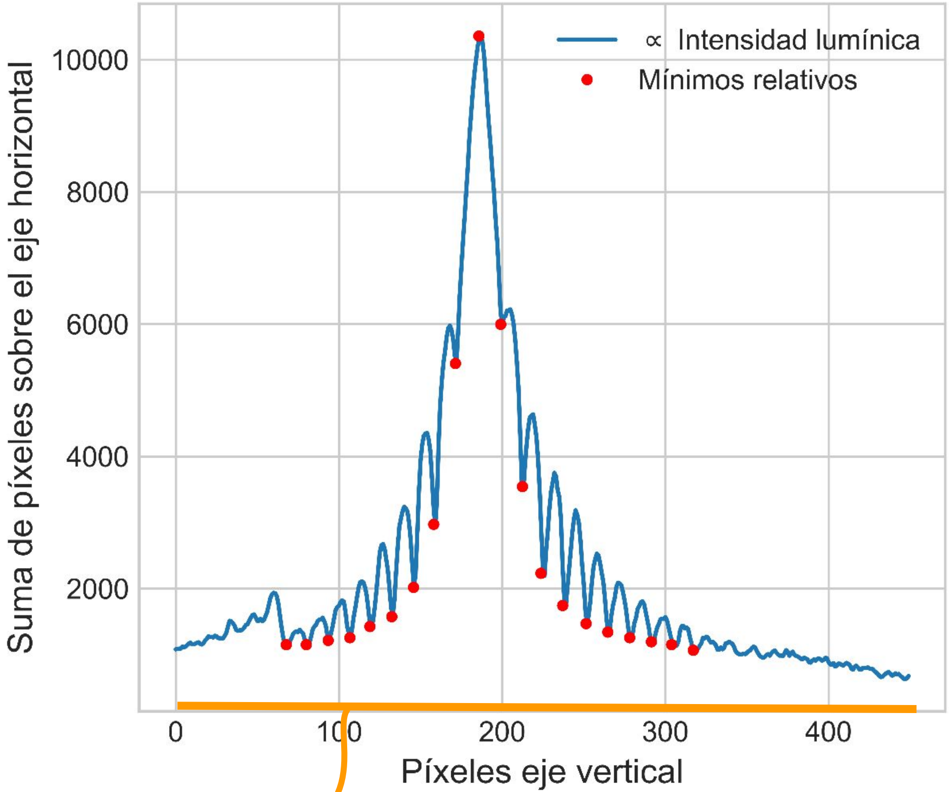
Masa: (24.5787 ±0,0002) g



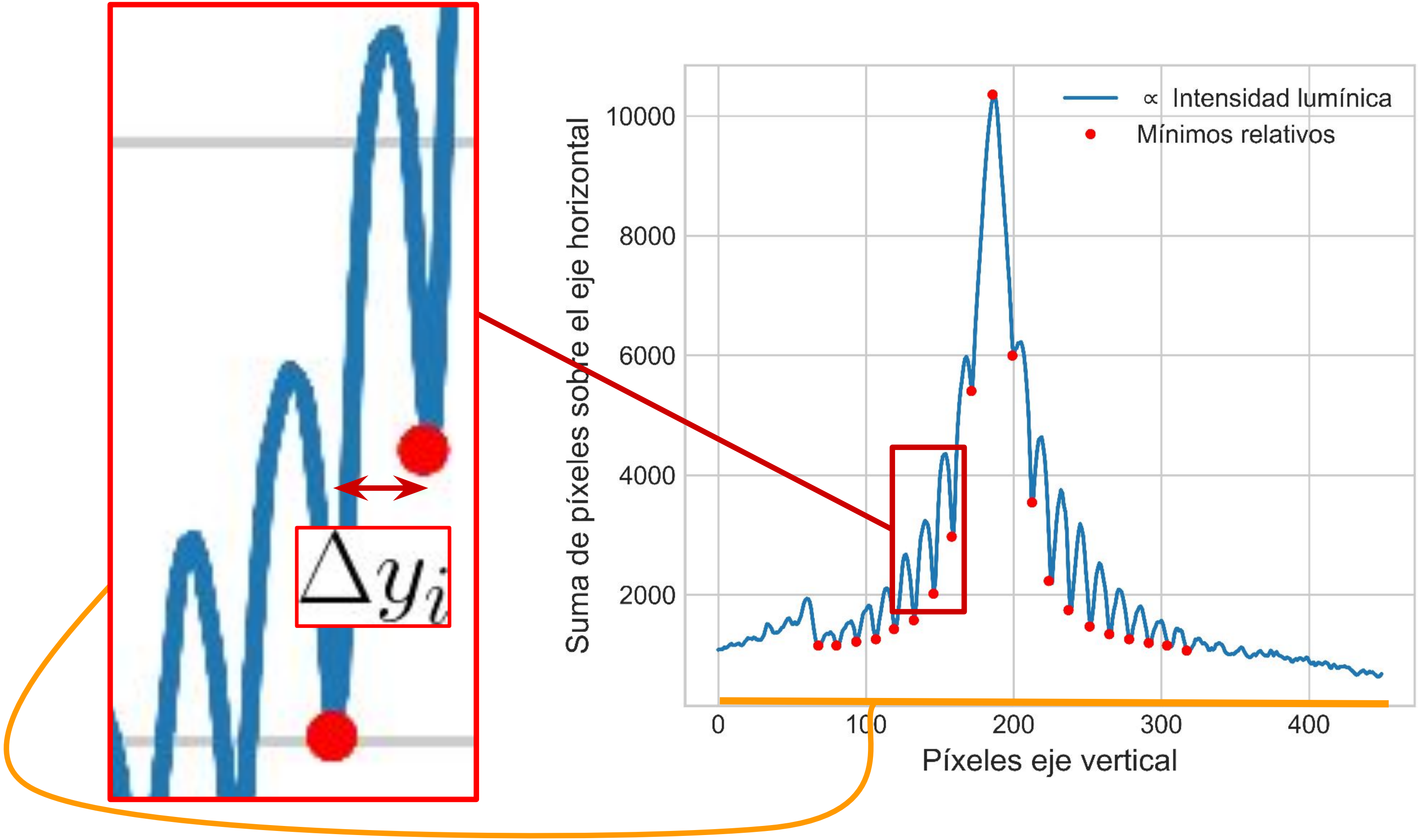
Resultados

Masa: (24.5787 ±0,0002) g



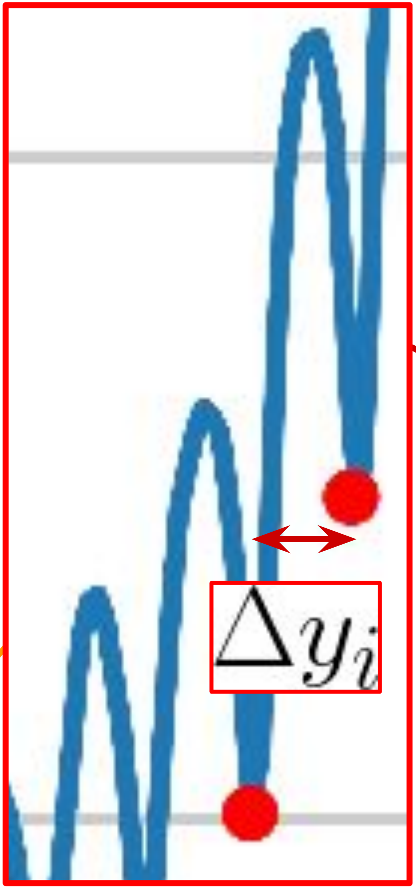


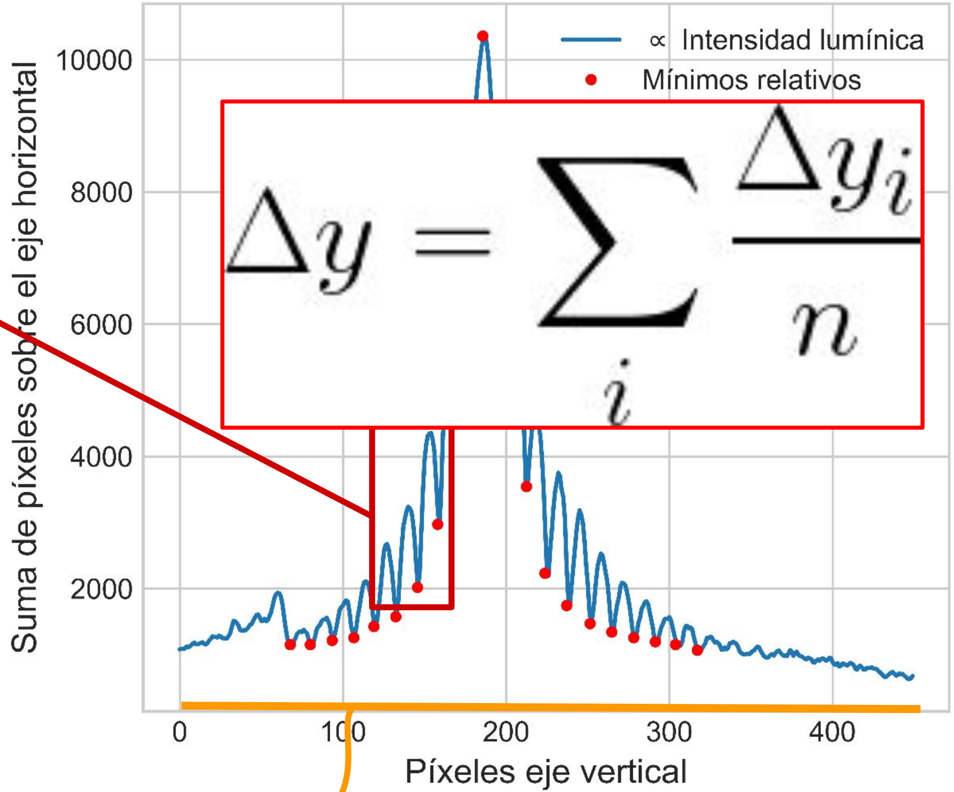
Resultados



Δy_i
∝ Intensidad lumínica
Mínimos relativos
Suma de píxeles sobre el eje horizontal
10000
8000
6000
4000
2000
0
100
200
300
400
Píxeles eje vertical

Resultados



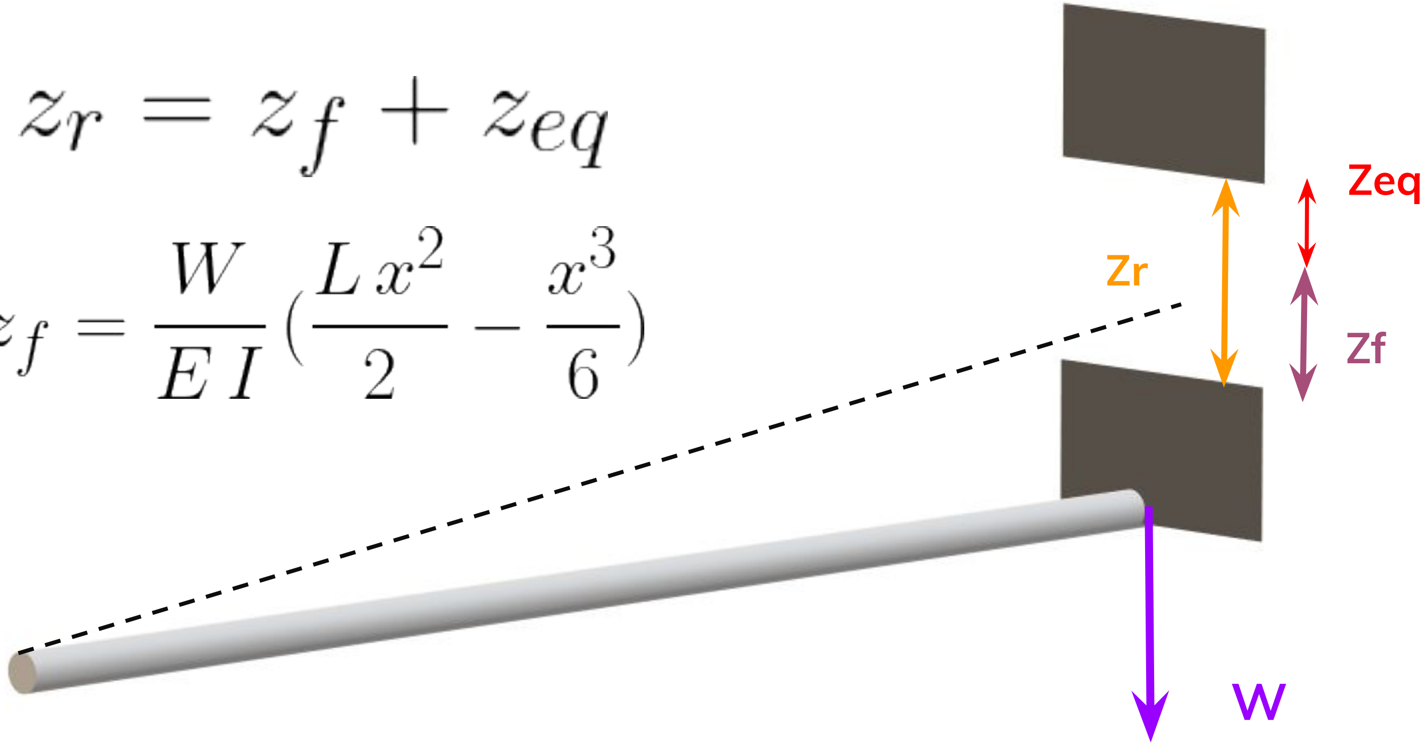


$$\Delta y = \sum_i \frac{\Delta y_i}{n}$$

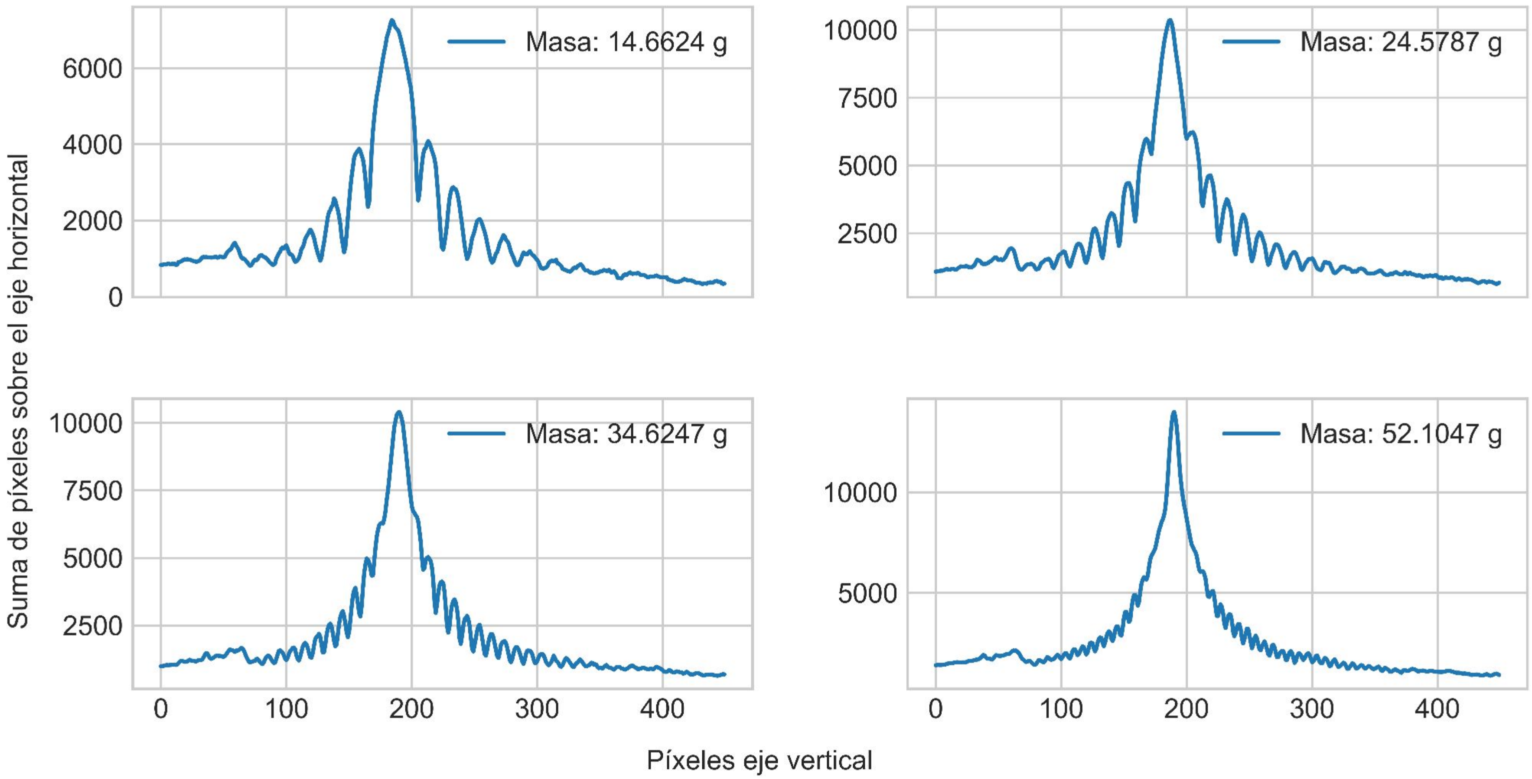
Resultados

$$z_r = z_f + z_{eq}$$

$$z_f = \frac{W}{EI}\left(\frac{Lx^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

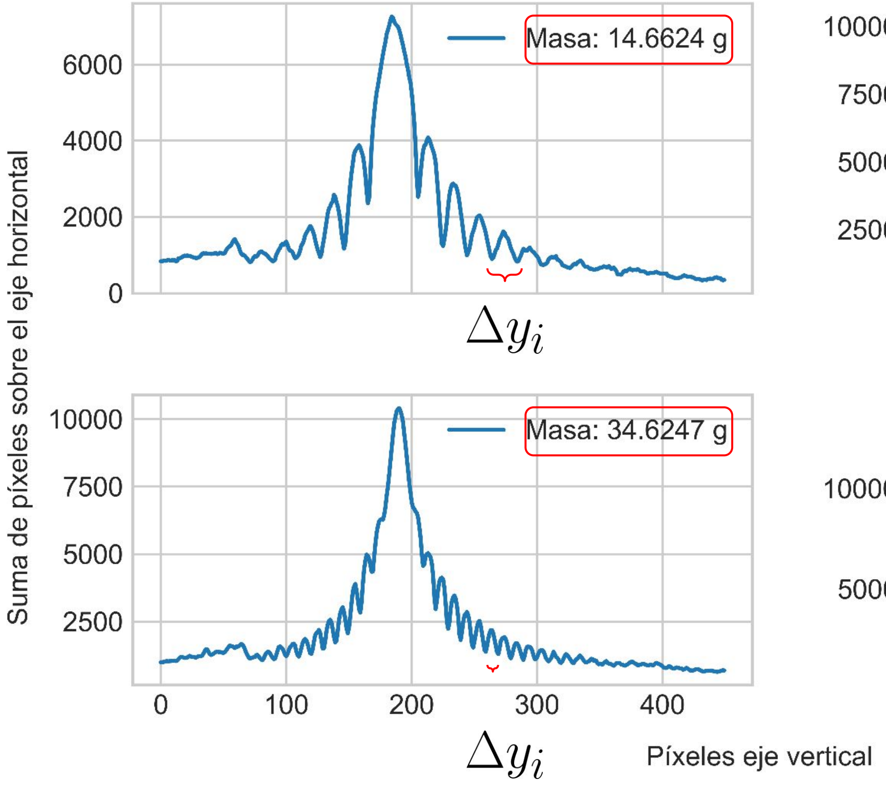


Resultados



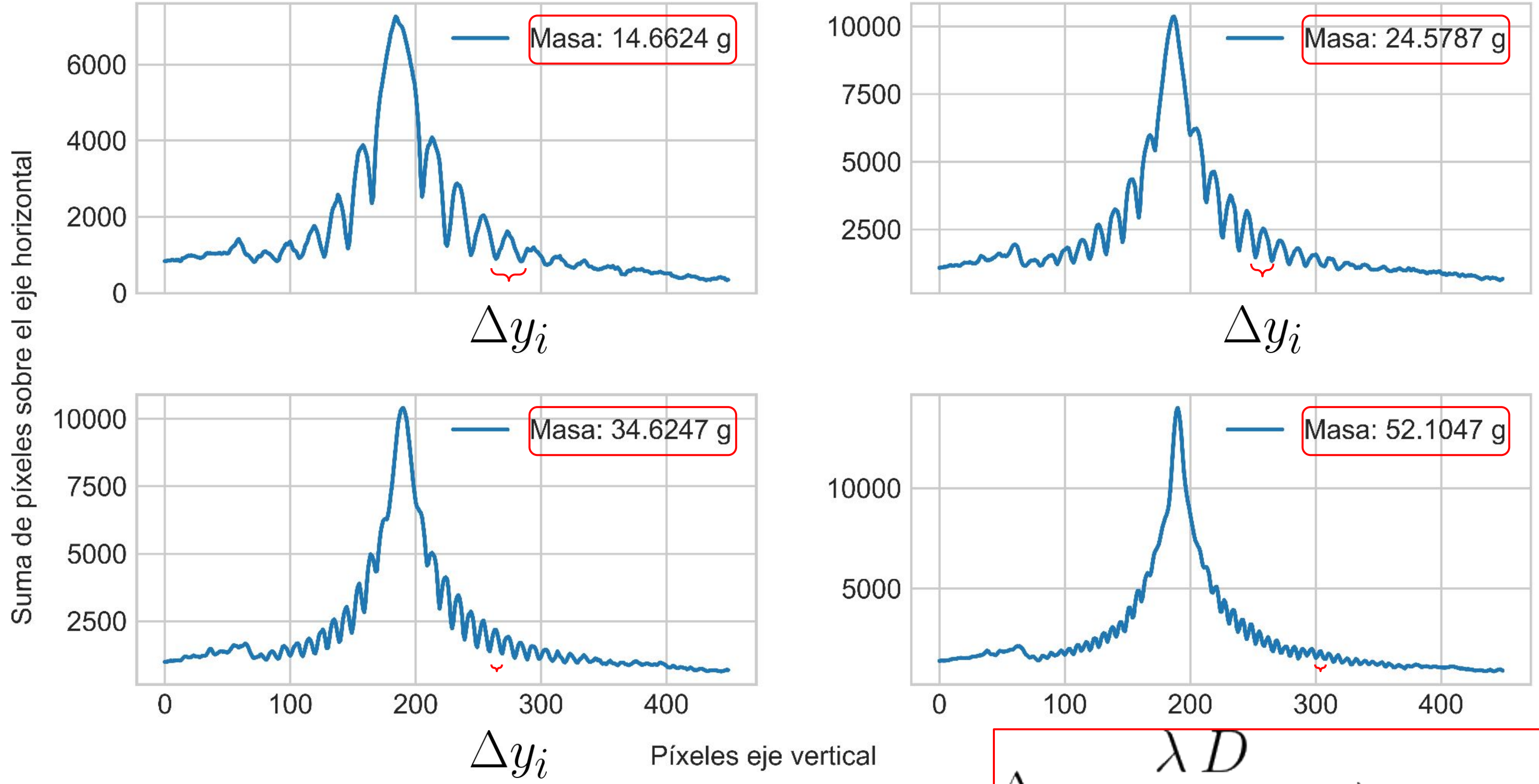
Masa: 14.6624 g
Masa: 24.5787 g
Masa: 34.6247 g
Masa: 52.1047 g
Suma de píxeles sobre el eje horizontal
Píxeles eje vertical
0
2000
4000
6000
2500
5000
7500
10000
0
100
200
300
400

Resultados



Masa: 14.6624 g
Masa: 24.5787 g
Masa: 34.6247 g
Masa: 52.1047 g
Suma de píxeles sobre el eje horizontal
Δy_i
Δy_i
Δy_i
Δy_i
Píxeles eje vertical
0
2000
4000
6000
2500
5000
7500
10000
100
200
300
400

Resultados



$$\boxed{\Delta y = \frac{\lambda D}{z_r} \implies z_r = \frac{\lambda D}{\Delta y}}$$

Resultados

Fuerza flexora (depende de la masa)

$$\boxed{z_r = z_f + z_{eq} = \frac{\lambda D}{\Delta y}}$$

Masa [g]	Interfranja* [mm] Δy	Flexión* [mm] z_f
14,6624 ± 0,0002	7,0748 ± 0,0005	0,1007 ± 0,0006
16,3590 ± 0,0002	6,6329 ± 0,0005	0,1104 ± 0,0006
18,5125 ± 0,0002	5,9671 ± 0,0004	0,1277 ± 0,0007
34,6247 ± 0,0002	3,6207 ± 0,0003	0,024 ± 0,001
40,6943 ± 0,0002	3,1466 ± 0,0003	0,282 ± 0,001
49,9454 ± 0,0002	2,6106 ± 0,0003	0,349 ± 0,002
52,1047 ± 0,0002	2,5212 ± 0,0003	0,363 ± 0,002

Resultados

Fuerza flexora (depende de la masa)

$$\boxed{z_r = z_f + z_{eq} = \frac{\lambda D}{\Delta y}}$$

Masa [g]	Δy	Z_f
14,6624 ± 0,0002	7,0748 ± 0,0005	0,1007 ± 0,0006
16,3590 ± 0,0002	6,6329 ± 0,0005	0,1104 ± 0,0006
18,5125 ± 0,0002	5,9671 ± 0,0004	0,1277 ± 0,0007
34,6247 ± 0,0002	3,6207 ± 0,0003	0,024 ± 0,001
40,6943 ± 0,0002	3,1466 ± 0,0003	0,282 ± 0,001
49,9454 ± 0,0002	2,6106 ± 0,0003	0,349 ± 0,002
52,1047 ± 0,0002	2,5212 ± 0,0003	0,363 ± 0,002

Resultados

Fuerza flexora (depende de la masa)

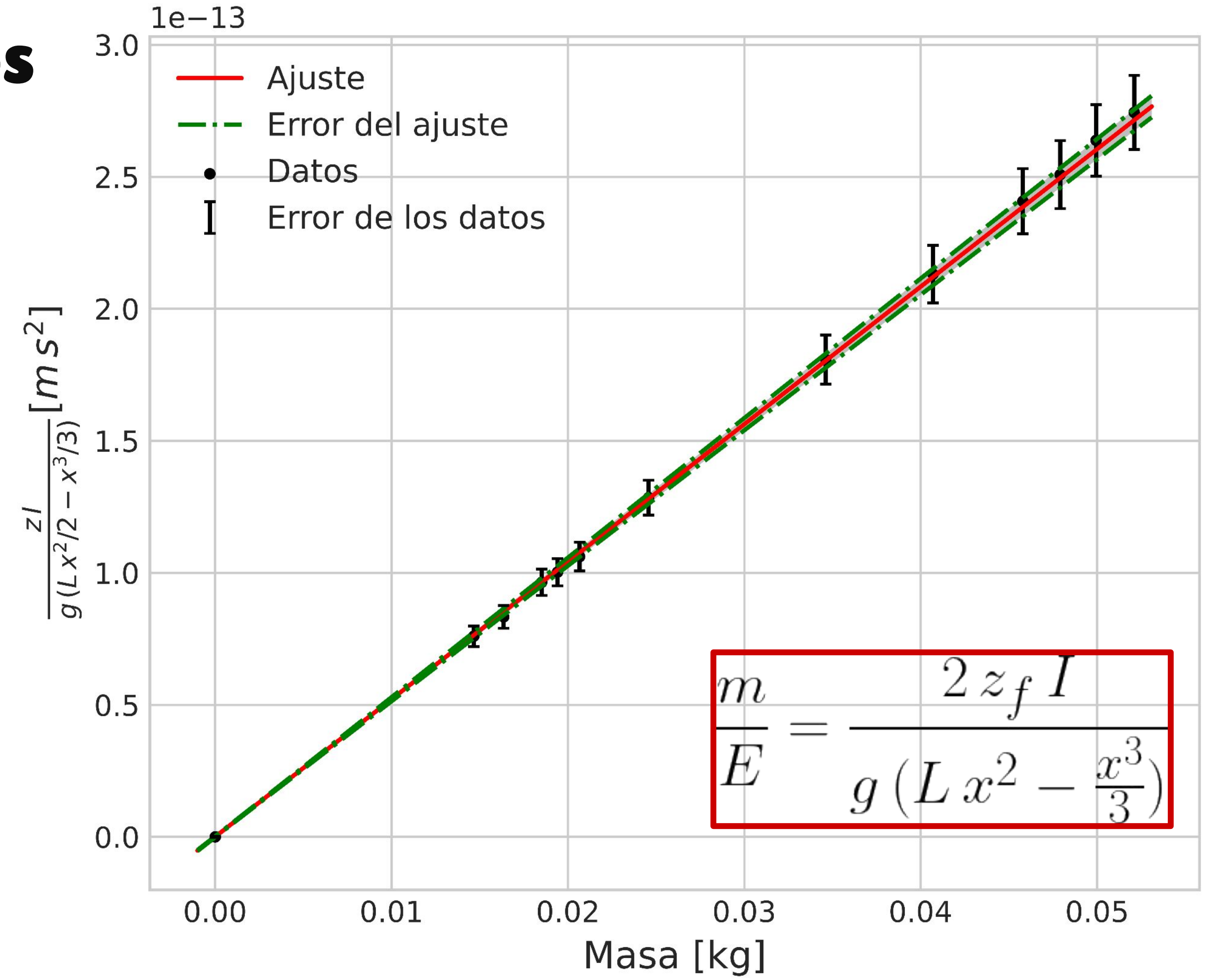
$$z_f = \frac{W}{EI}\left(\frac{Lx^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

Masa [g]	Interfranja* [mm] Δy	Flexión* [mm] z_f
14,6624 ± 0,0002	7,0748 ± 0,0005	0,1007 ± 0,0006
16,3590 ± 0,0002	6,6329 ± 0,0005	0,1104 ± 0,0006
18,5125 ± 0,0002	5,9671 ± 0,0004	0,1277 ± 0,0007
34,6247 ± 0,0002	3,6207 ± 0,0003	0,024 ± 0,001
40,6943 ± 0,0002	3,1466 ± 0,0003	0,282 ± 0,001
49,9454 ± 0,0002	2,6106 ± 0,0003	0,349 ± 0,002
52,1047 ± 0,0002	2,5212 ± 0,0003	0,363 ± 0,002

Resultados

$$z_f = \frac{W}{E\,I}\left(\frac{L\,x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right) \longrightarrow \frac{m}{E} = \frac{2\,z_f\,I}{g\,(L\,x^2 - \frac{x^3}{3})}$$

Resultados

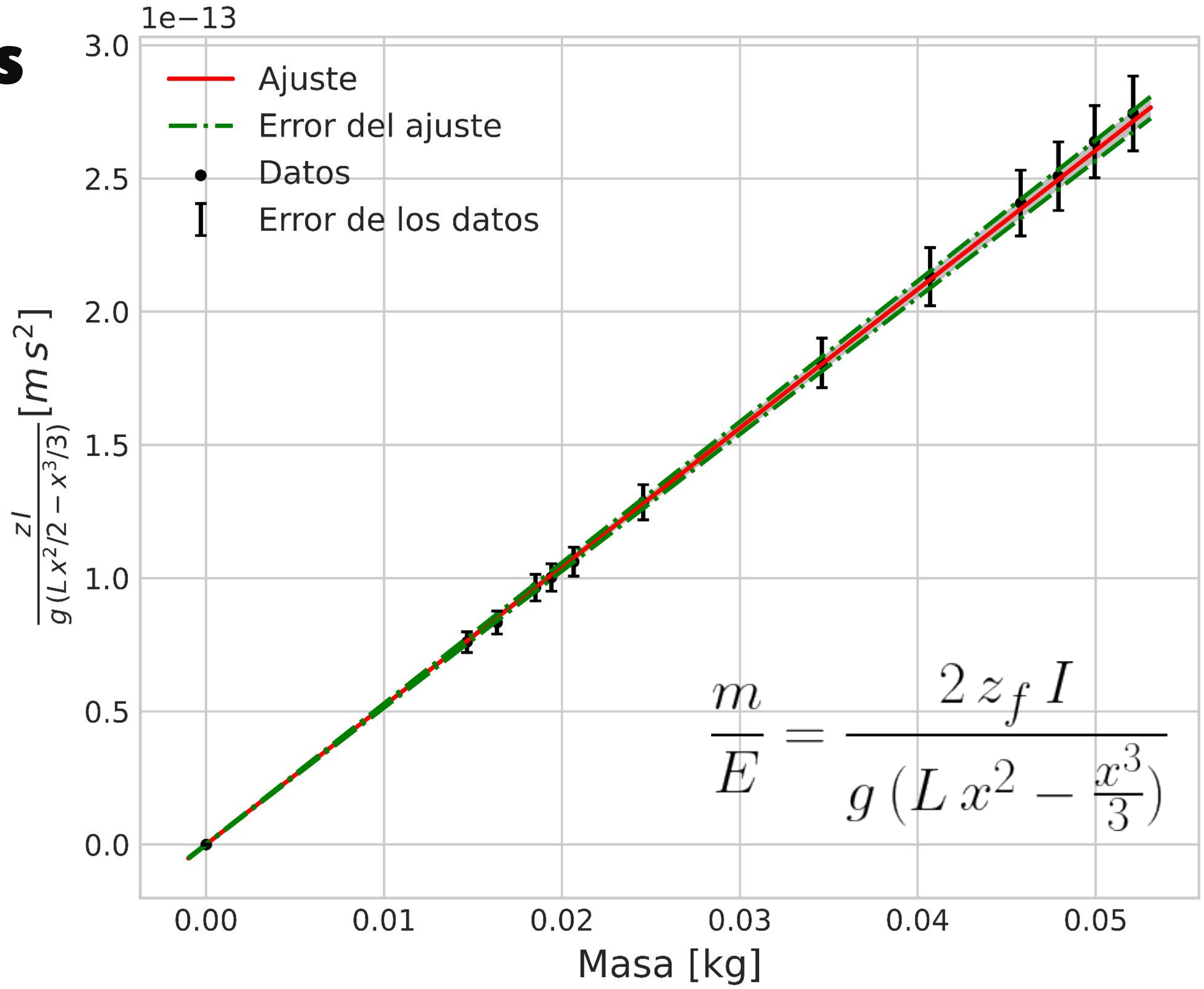


$$\boxed{\frac{m}{E} = \frac{2\,z_f\,I}{g\,(L\,x^2 - \frac{x^3}{3})}}$$

Resultados

Coeficiente de correlación lineal

r = 0,999



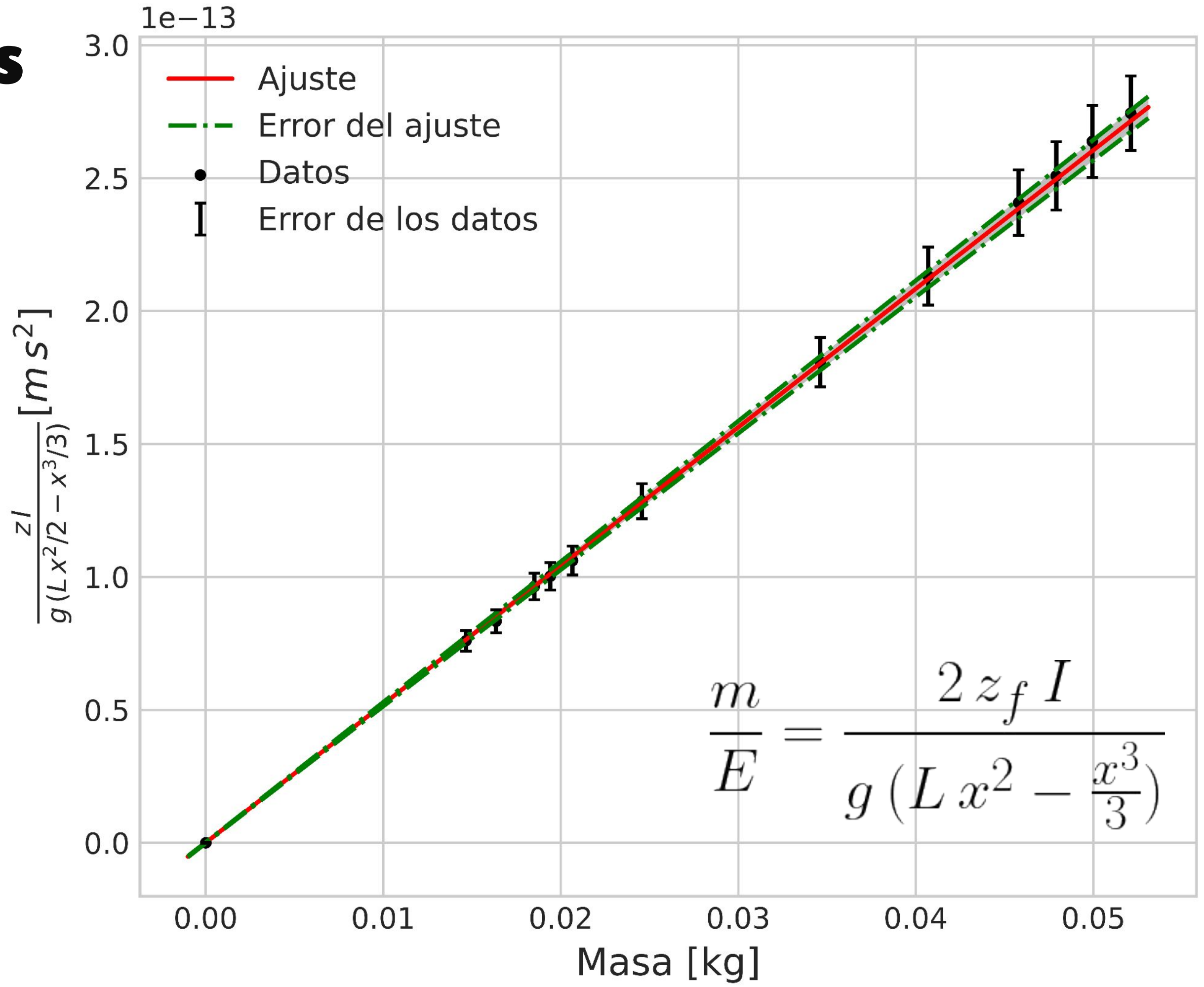
Resultados

Coeficiente de correlación lineal

r = 0,999

Módulo de Young

E = (192 ± 3) GPa.



Comentarios finales:

- El método es bueno para conseguir una aproximación del módulo de Young

Comentarios finales:

- El método es bueno para conseguir una aproximación del módulo de Young
- Utilizar un el espejo regulable para dirigir el haz.

Comentarios finales:

- El método es bueno para conseguir una aproximación del módulo de Young
- Utilizar un el espejo regulable para dirigir el haz.
- Regular el número de interfranjas en cada medición.

$$\Delta y = \frac{\lambda\, D}{z_f + z_{eq}}$$

Comentarios finales:

- El método es bueno para conseguir una aproximación del módulo de Young
- Utilizar un el espejo regulable para dirigir el haz.
- Regular el número de interfranjas en cada medición.
- Explorar otro rango para la fuerza flexora.

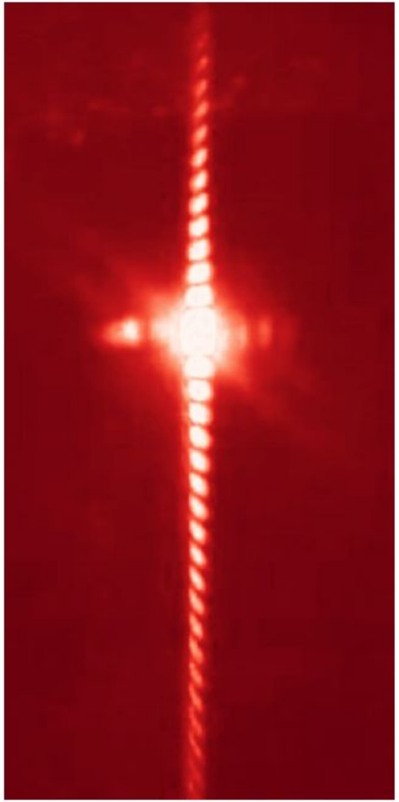
Comentarios finales:

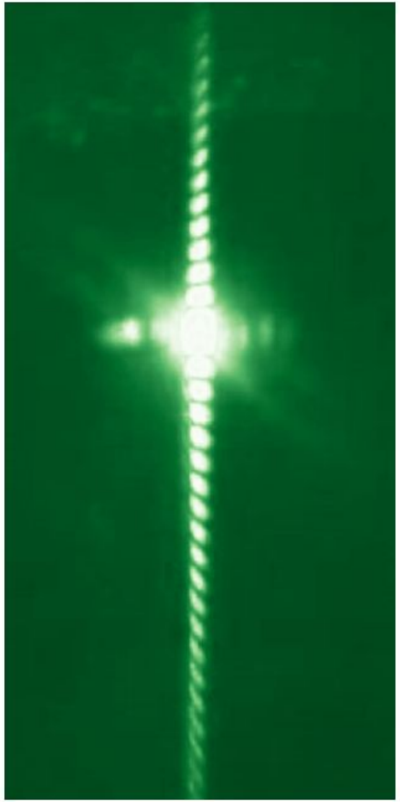
- El método es bueno para conseguir una aproximación del módulo de Young
- Utilizar un el espejo regulable para dirigir el haz.
- Regular el número de interfranjas en cada medición.
- Explorar otro rango para la fuerza flexora.

GRACIAS

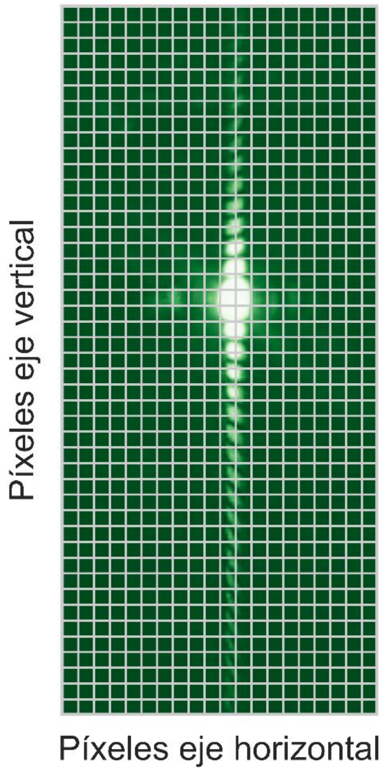

¿DUDAS? ¿PREGUNTAS?
¿COMENTARIOS?
memegenerator.net

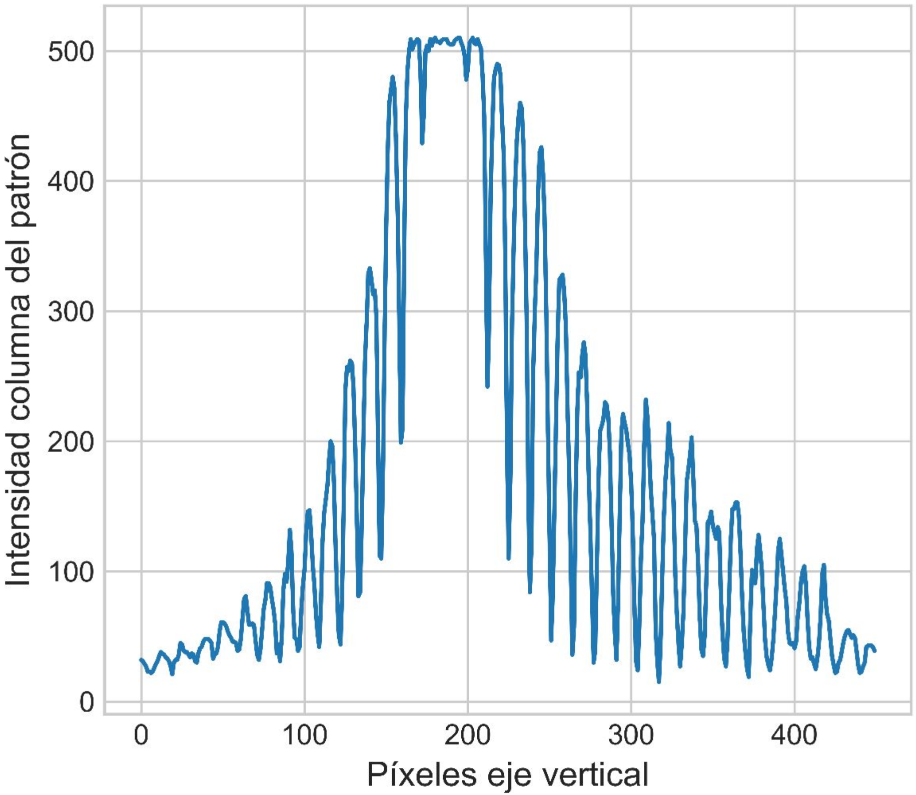
Tres colores patrón





Tomando el patrón sólo sobre una columna





*Los resultados que faltan

Masa [g]	Interfranja [mm] Δy	Flexión [mm] z_f
45,7895 ± 0,0002	2,8297 ± 0,0003	0,319 ± 0,001
47,9055 ± 0,0002	2,7298 ± 0,0003	0,332 ± 0,001
19,4098 ± 0,0002	5,7956 ± 0,0004	0,1328 ± 0,0007
20,0659 ± 0,0002	5,5512 ± 0,0004	0,1406 ± 0,0007
24,5787 ± 0,0002	4,7877 ± 0,0004	0,1701 ± 0,0009

*Equilibrio

Interfranja [mm]	Apertura [mm]
22,9696 ± 0,0009	0,0448 ± 0,0002

Valor obtenido con promedio

E = (192 ± 3) GPa

banco de ecuaciones

$$z_f = \frac{W}{E\,I}\left(\frac{L\,x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$$

$$z_r = z_f + z_{eq}$$

$$I(y) \propto \frac{sin^2\left(\frac{\pi\,y\,z_r}{\lambda\,D}\right)}{\left(\frac{\pi\,y\,z_r}{\lambda\,D}\right)^2}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda\,D}{z_r} \implies z_r = \frac{\lambda\,D}{\Delta y}$$