

Errores según su procedencia



Error de escala. Magnitud a medir se ve redondeada por la resolución del instrumento.

Error aleatorio. Causas fortuitas. Difícil de cuantificar directamente. *Tratamiento estadístico* (repetir experimentos). Ejemplo: *regresión lineal*.



Error sistemático. Causado por problemas en el funcionamiento del dispositivo experimental. No pueden corregirse con la repetición del experimento.

Ej: balanza mal calibrada que pesa de más!!

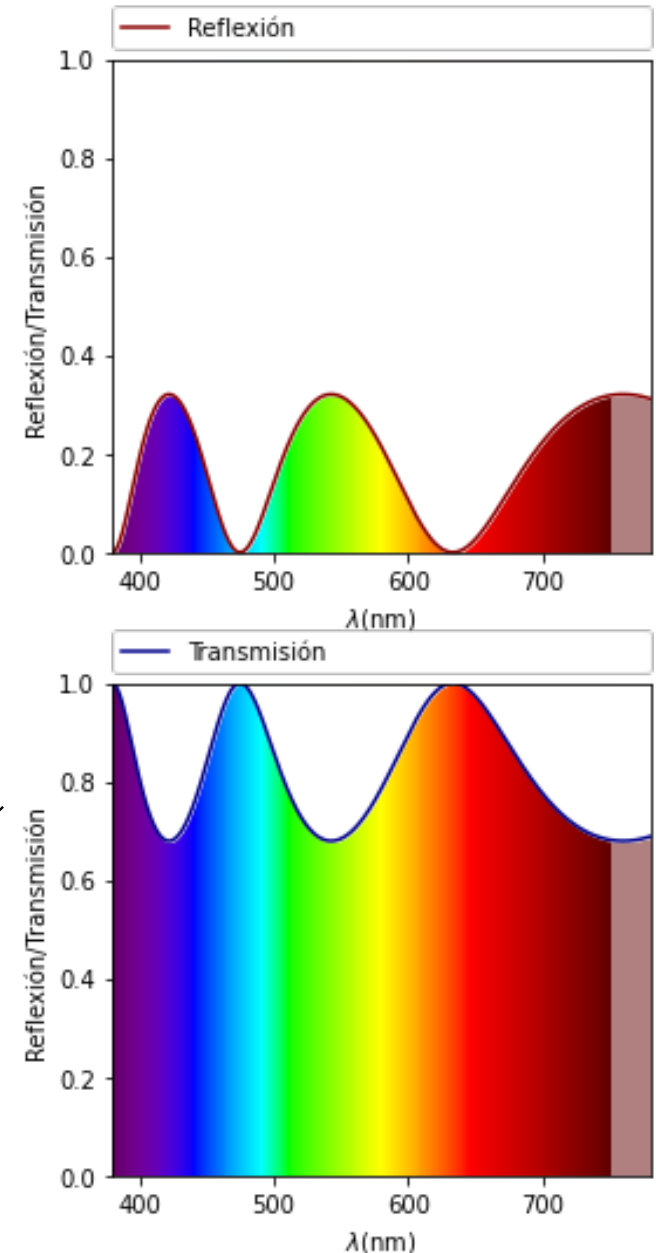
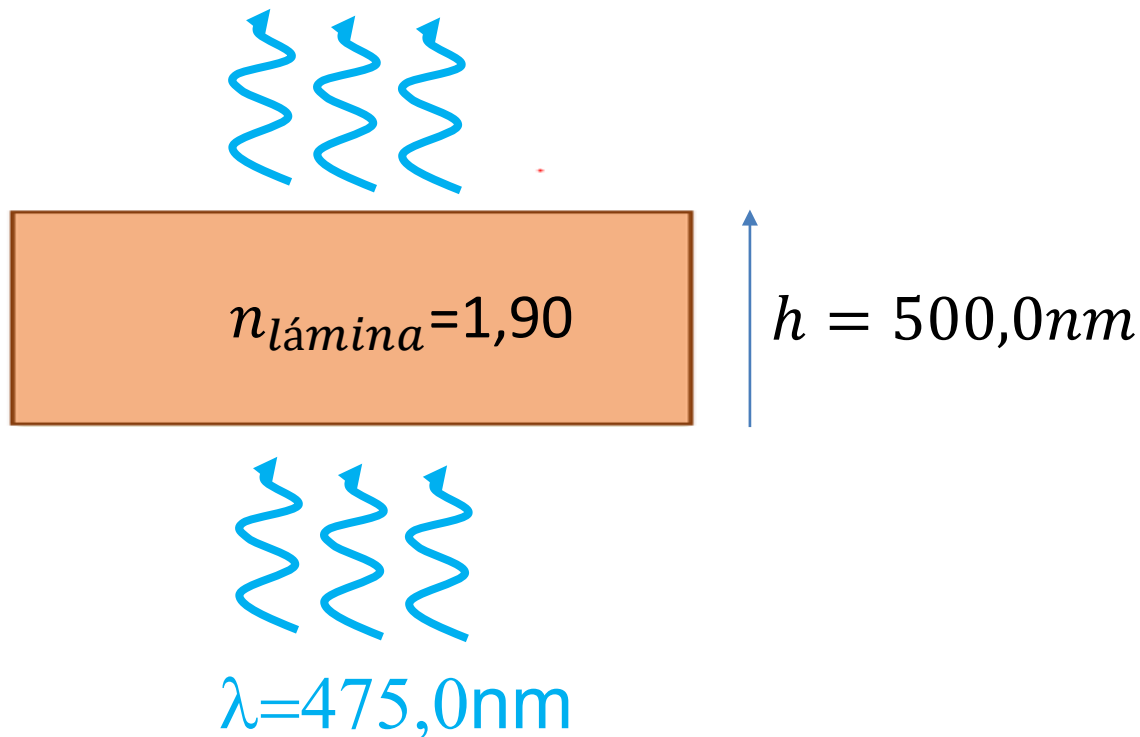
https://en.wikipedia.org/wiki/Faster-than-light_neutrino_anomaly



Errores aleatorios

Experimento mental: Diseño de láminas delgadas con reflexión nula a cierta longitud de onda (en el vacío).

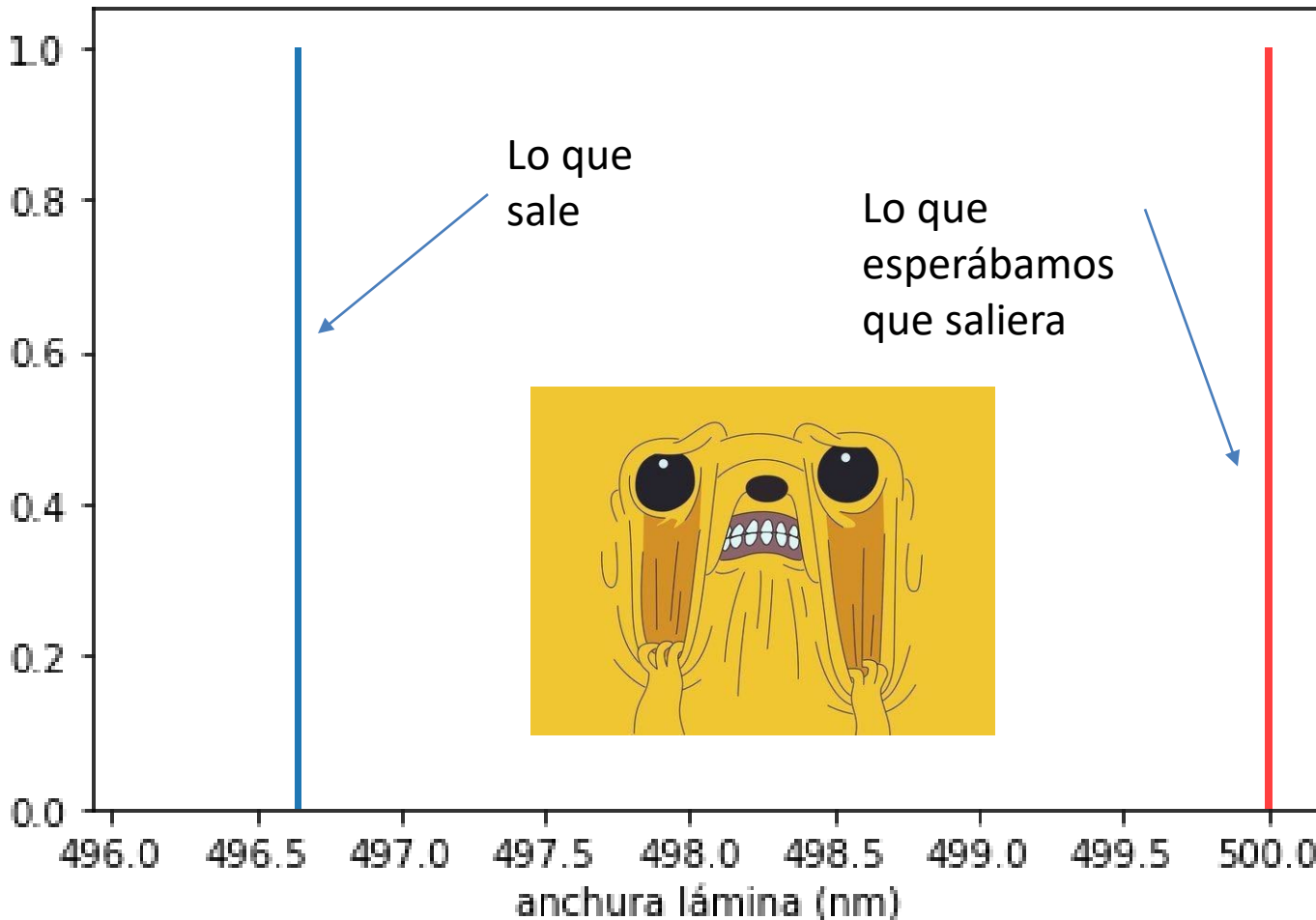
La teoría... $R = 1,13 \times 10^{-31}$



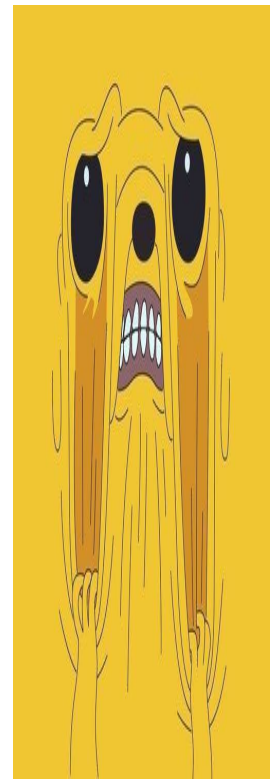
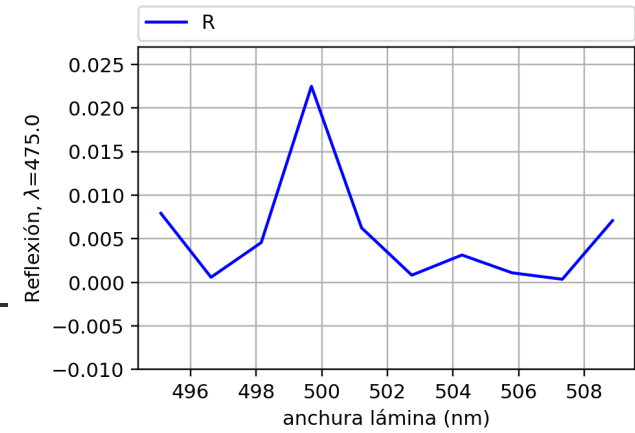
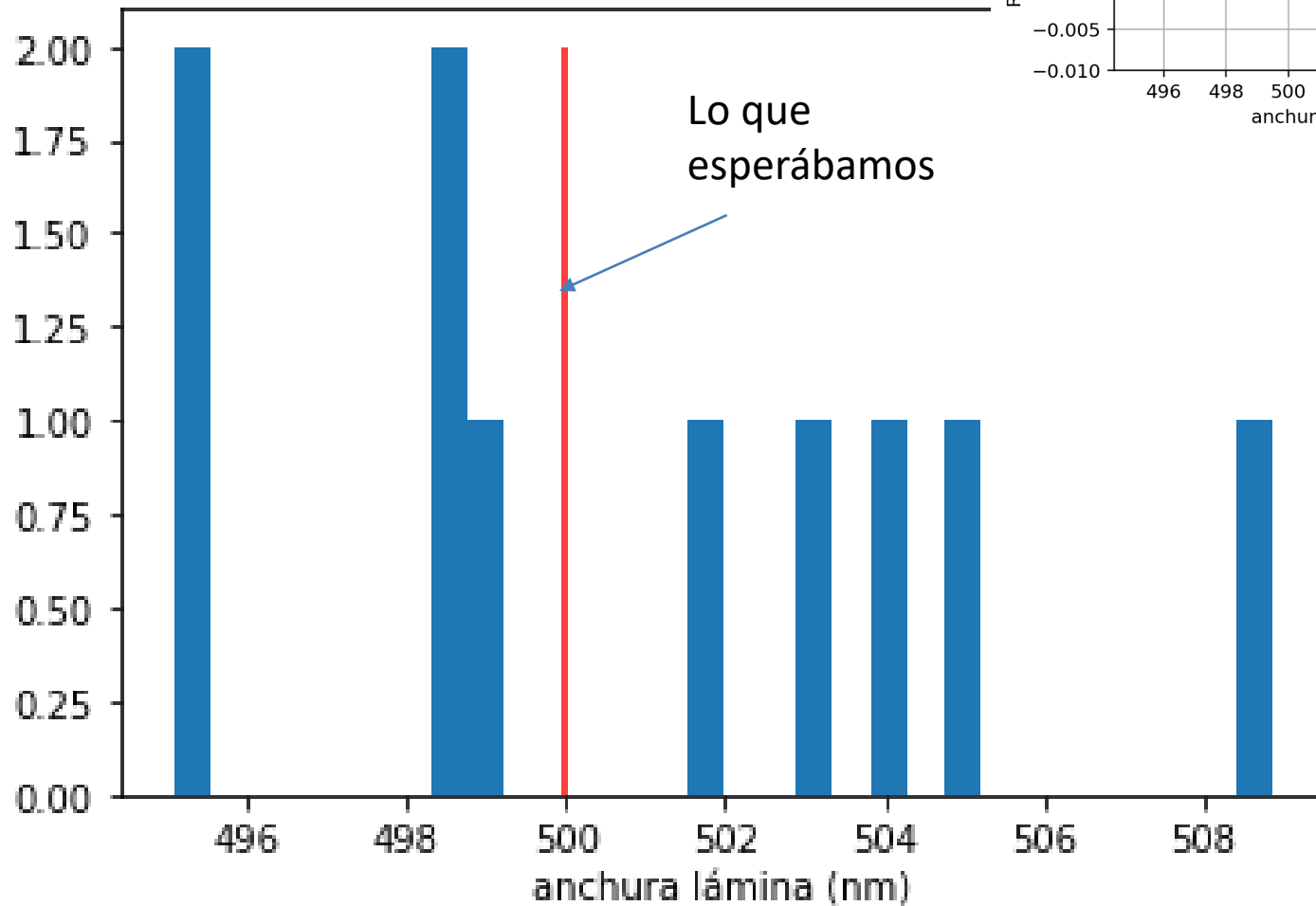
La práctica – Una muestra

Comparamos una máquina de un millón de euros para fabricar láminas ultradelgadas

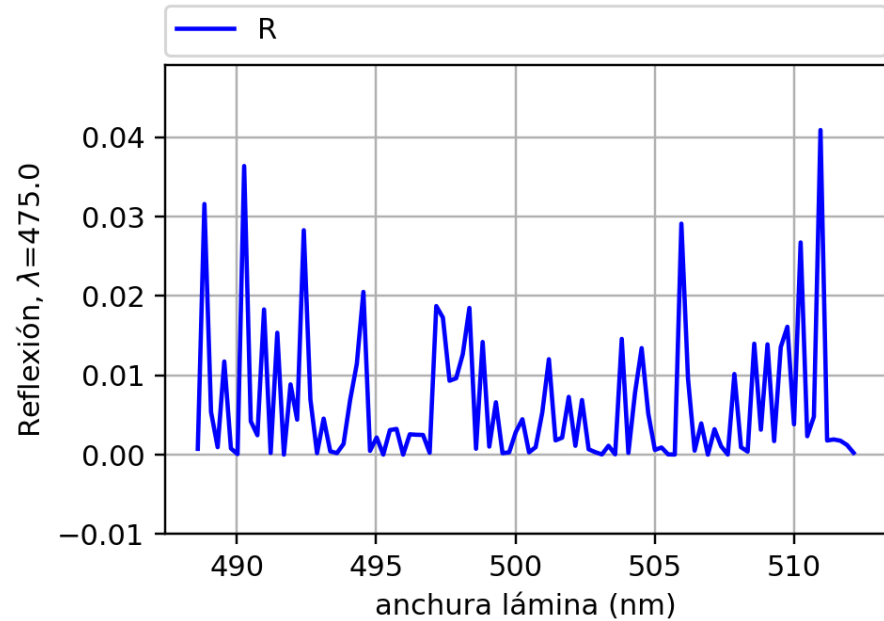
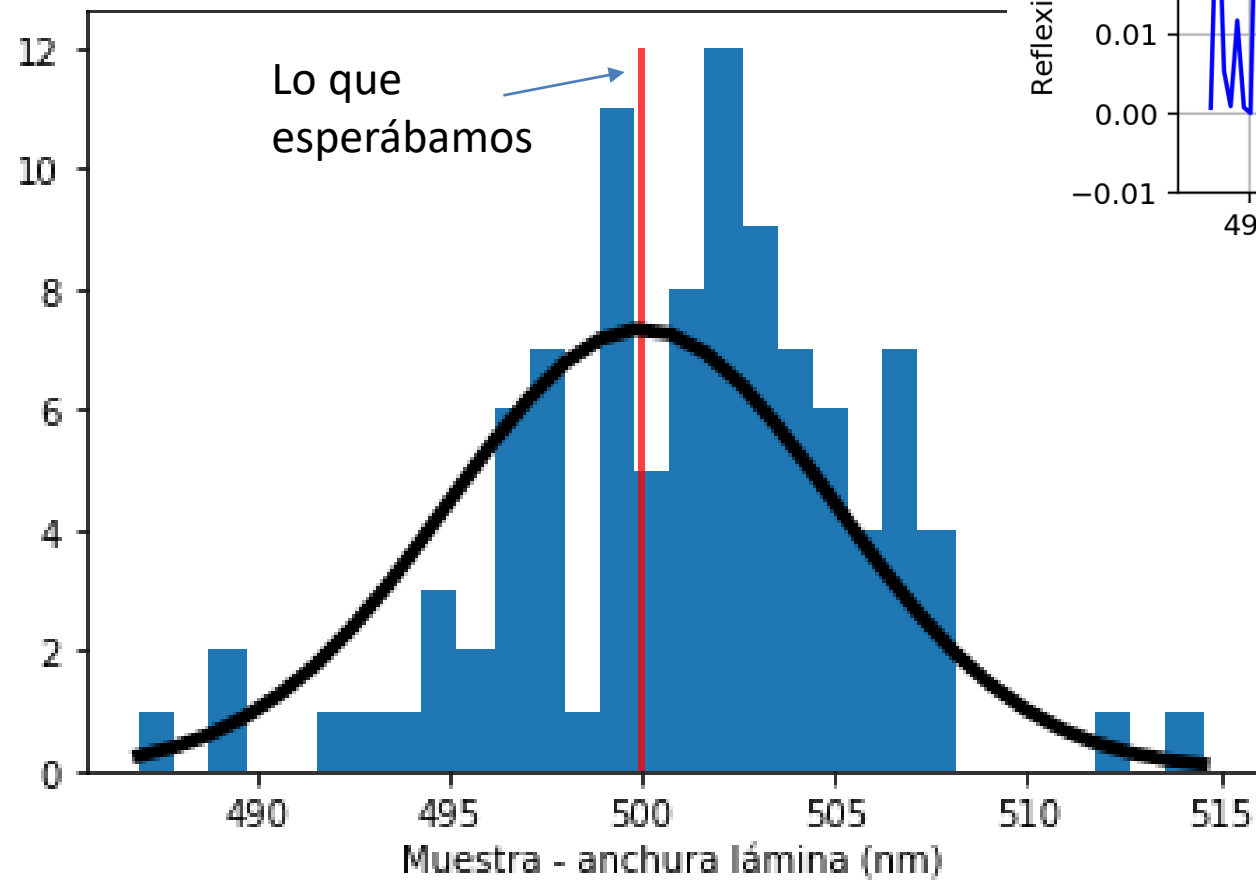
Una medida (una lámina)



10 medidas (láminas)



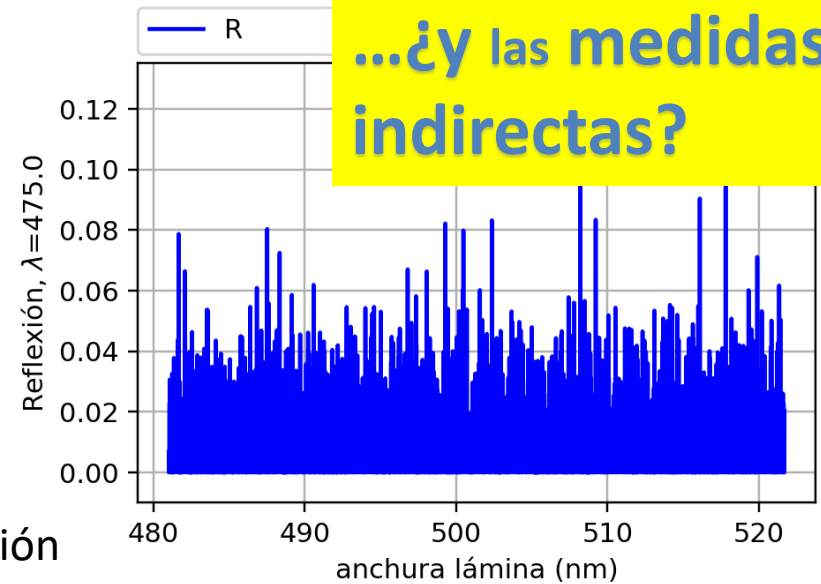
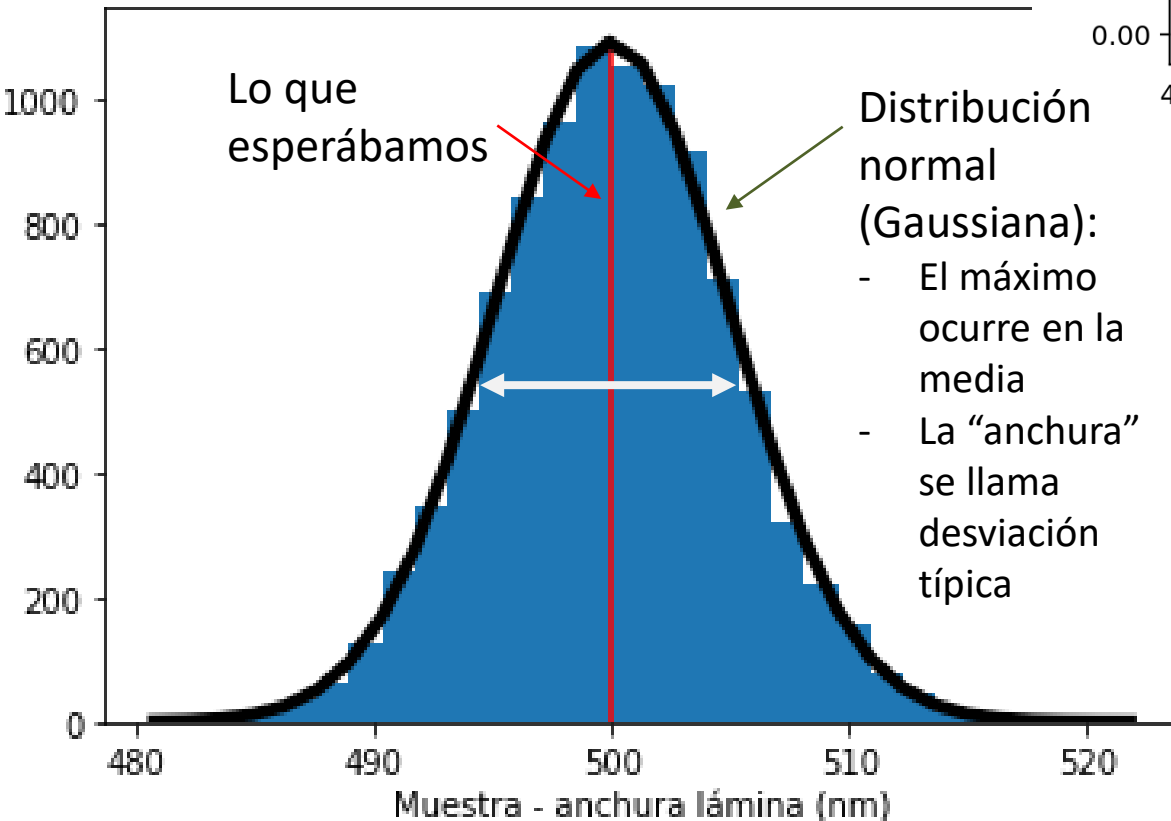
100 medidas (láminas)



10000 medidas en una muestra

...peeroooo... ¿qué pasa si fabricar cada lámina cuesta 10 euros?

Estadística = intentar saber con poco



...¿origen del error aleatorio?

El error en la medida directa

Error absoluto: Diferencia entre el valor obtenido en una medida cualesquiera y el verdadero de dicha magnitud física

$$\Delta x = x_i - x_0$$

Error relativo: valor absoluto del cociente entre el error absoluto y el valor verdadero de una medida determinada

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta x}{x_0} \right|$$

Las medidas en el laboratorio tienen una inseguridad o **incertidumbre** asociada a muchos factores

Si medimos muchas veces $x_i \rightarrow$ obtenemos resultados diferentes

Dispersión de los datos \rightarrow Tratamiento estadístico

El error en la medida directa

Media de una muestra: Promedio estadístico de un conjunto de N medidas realizadas en las mismas condiciones

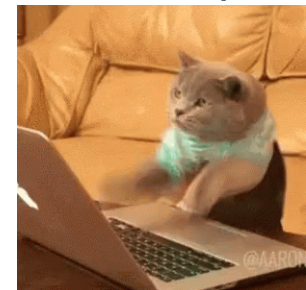
$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Varianza: Medida de dispersión de una variable aleatoria dada por la expresión:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

Desviación típica: Medida de dispersión de una variable aleatoria dada por el valor de σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$



* *Notaciones habituales:* para una única muestra se suele utilizar la notación (\bar{x}, s) para referirnos a la media y la desviación típica, mientras que para la población total se utiliza (μ, σ)

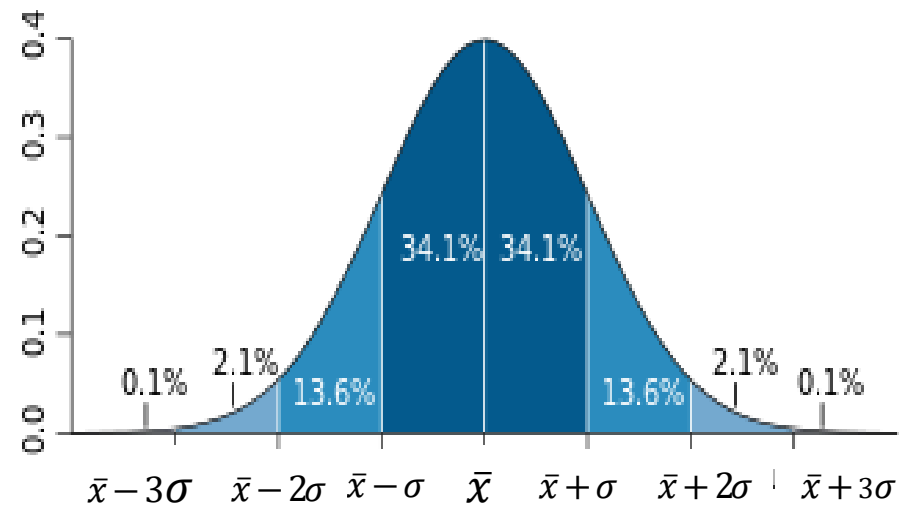
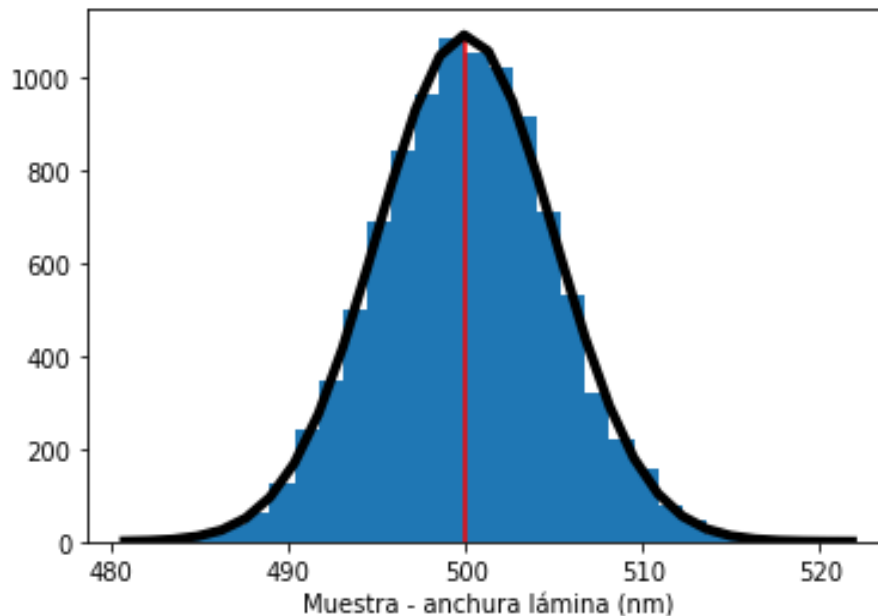
Para un numero elevado de datos se encuentra que la probabilidad de que el valor verdadero se encuentre en:

$$P(\bar{x}-\sigma < X < \bar{x}+\sigma)=68 \%$$

$$P(\bar{x}-2\sigma < X < \bar{x}+2\sigma)=95 \%$$

$$P(\bar{x}-3\sigma < X < \bar{x}+3\sigma)=99 \%$$

$\bar{x}=500\text{nm}; \sigma = 5\text{nm}; N = 10000$



Diremos que la probabilidad de que haciendo una nueva medida el resultado de la misma salga en el intervalo $\bar{x} \pm 3\sigma$ es del 99%

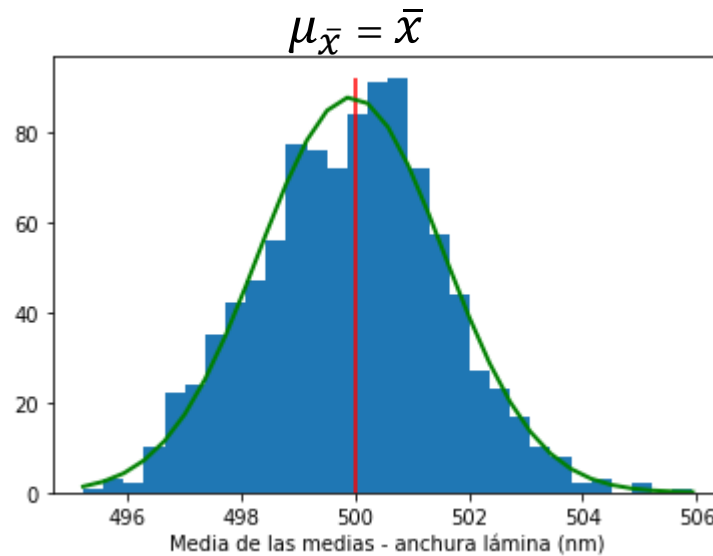
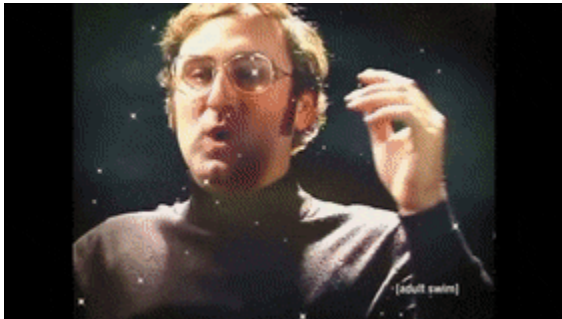
$$\bar{x} - 3\sigma \longleftarrow \longrightarrow \bar{x} + 3\sigma = 500 + 15 \text{ (nm)}$$

¿Qué pasaría si en lugar de hacer $N=10000$ medidas seguidas hiciéramos $N=10$ medidas hoy, $N=10$ dentro de un mes, $N=10$ dentro de dos meses...? $\rightarrow \{\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n\}$

Media de las medias: $\mu_{\bar{x}} = \bar{x}$

Error cuadrático medio (de las medias):

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$



Diremos, que la probabilidad de tras un nuevo muestreo la media que calculemos salga en el intervalo $\bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}}$ es del 99%

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{5,00nm}{\sqrt{10}} = 1,58nm$$

$$\bar{x} - 3\sigma_{\bar{x}} = 500 - 5 (nm)$$

$$\bar{x} + 3\sigma_{\bar{x}} = 500 + 5 (nm)$$

Cálculo de errores de medidas directas:

- Una única medida:

Error de escala: Δx_{escala} $\left\{ \begin{array}{l} \text{Escala analógica: error absoluto = mitad de la sensibilidad del aparato} \\ \text{Escala digital: error absoluto = sensibilidad del aparato} \end{array} \right.$

- Varias medidas. Pasos a seguir:

1. Cálculo del valor medio:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

2. Error cuadrático de la media :

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

3. Error asociado a la media: $\Delta \bar{x} = 3\sigma_{\bar{x}}$

4. **Cifras significativas:** El error se redondea a una única cifra significativa (raramente dos), y la media se redondea hasta el mismo orden de magnitud.

5. Error absoluto de la medida :

$$\Delta x = \sqrt{(\Delta \bar{x})^2 + (\Delta x_{escala})^2}$$

6. Incluir las unidades pertinentes