

Laboratorio 2

Docentes

Gustavo Grinblat, Sebastián Bordakevich, Gianni Moretti, Franco Nieto

grinblat@df.uba.ar, sbordakevich@df.uba.ar, giannimoretti16@gmail.com, franconicolasnieto@gmail.com

Pañolera
Yamila Burrafato

Departamento de Física, FCEN, UBA – Segundo Cuatrimestre, 2025

Web: <https://asignaturas.df.uba.ar/l2-grinblat/>

Temas de la materia

- **Observación** de fenómenos físicos ondulatorios
- **Diseño** de experimentos
- Uso de **instrumental** de laboratorio
- Identificar **fuentes de incertezza**
- Interpretar **resultados** de una medición
- **Modelar** resultados (teoría)
- Uso de herramientas de **análisis de datos**
- Evaluar **diferencias entre teoría y experimento**
- Comunicar resultados en forma escrita (**informes**)
- Comunicar resultados en forma oral (**póster/charla**)

Metodología de trabajo/evaluación

- Grupos de **3 estudiantes**
- **4 Prácticas**
- **4 Informes + 1 reporte corto**
- **1 Póster**
- **1 Charla**
- **Cuaderno de laboratorio**  **Virtual (compartir con la cátedra)**
- **1 Evaluación oral** (individual)

(Se toma asistencia con posibilidad de 2 faltas que se recuperan en forma individual)

Régimen de evaluación:

Se tendrá en cuenta la nota de los informes, el desempeño en la charla/póster, la evaluación oral, y el uso del cuaderno (virtual) de laboratorio.

Cronograma de la materia

Fecha	Clase/Actividad	Entrega/evaluación
20/08	Introducción e instrumental	
27/08	Ultrasonido: caracterización	
03/09	Ultrasonido: ondas propagantes	
10/09	Ultrasonido: interferencia	
17/09	Ondas estacionarias: cuerdas y tubo de Kundt	Informe de Ultrasonido
24/09	Ondas estacionarias: tubo de Kundt y cuerdas	
01/10	Fourier: transformada y serie	Informe de Ondas estacionarias
08/10	Ondas electromagnéticas	Informe corto de Fourier
15/10	Ondas electromagnéticas	
22/10	Ondas electromagnéticas	
29/10	Presentación de póster	Informe de Ondas electromagnéticas
05/11	Práctica especial: óptica	
12/11	Práctica especial: óptica	Evaluación oral individual
19/11	Práctica especial: óptica	
26/11	Charla de práctica especial	
03/12	Clase de recuperación	Informe de Práctica especial

Normas de Higiene y Seguridad

Algunas normas básicas

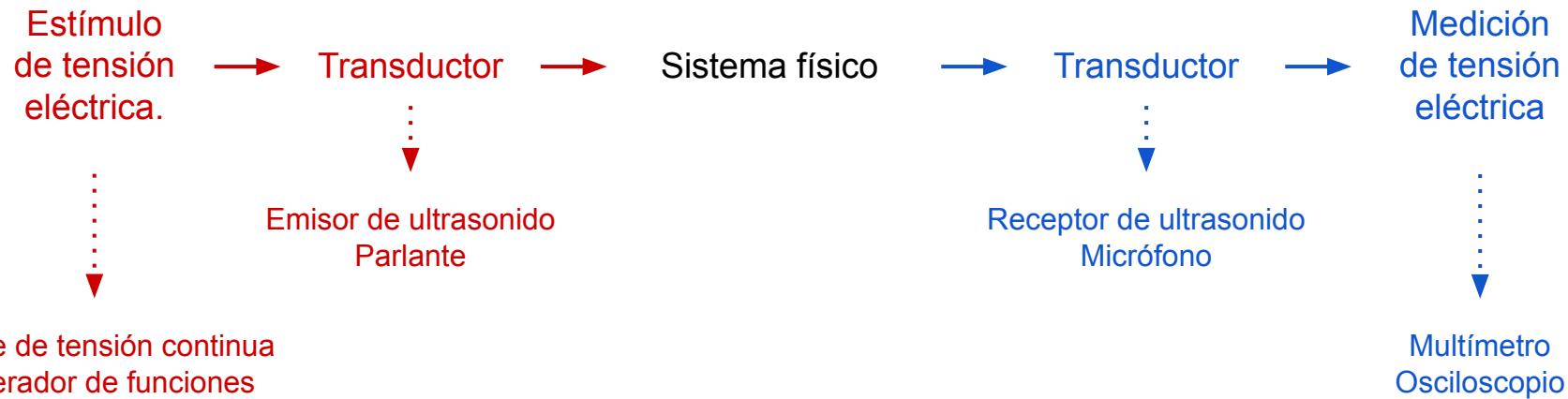
(Leer Material Adicional en la página de la materia y Firmar formulario de aceptación de normas)

- Conocer la ubicación de matafuegos, salidas de emergencia y botiquín.
- No comer, beber, o maquillarse.
- No guardar alimentos en ningún ámbito del laboratorio.
- Mantener el orden y la limpieza en la zona de trabajo y en todos los lugares comunes.
- No bloquear las rutas de escape o pasillos con elementos que entorpezcan la circulación
- En caso de emergencia médica e incendios, llamar inmediatamente al interno 58311 (con el celular al 5285-8311) de las *Oficinas de Seguridad y Control*.

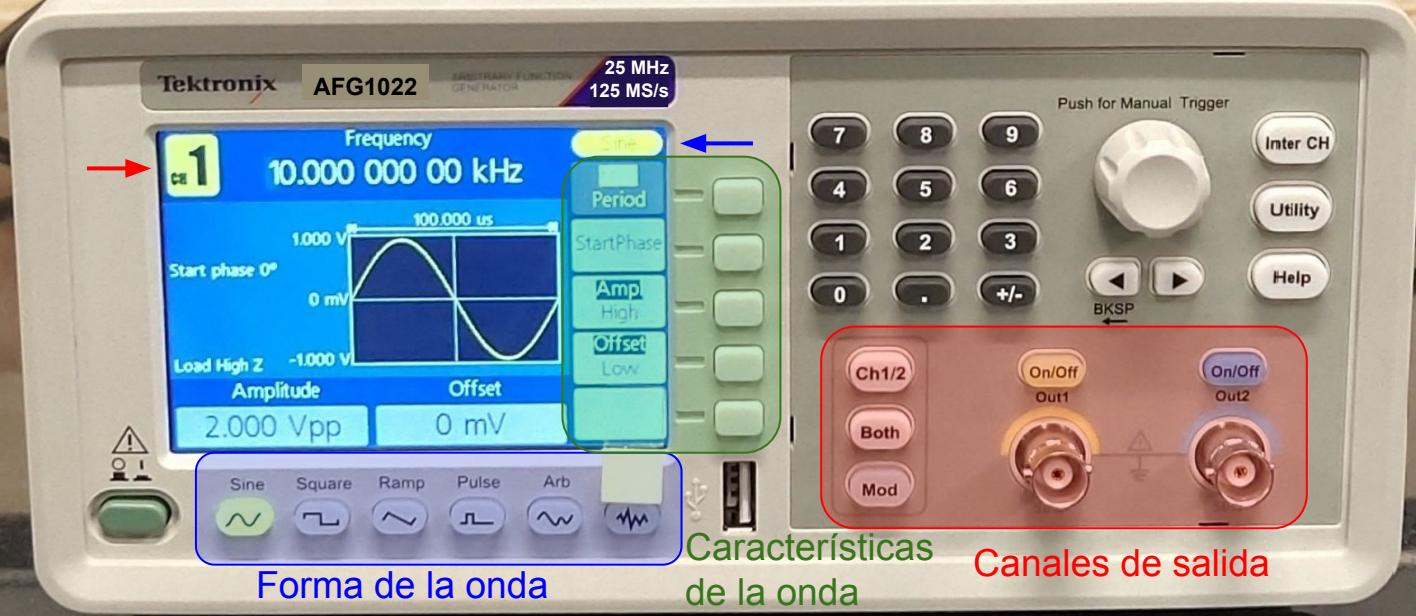
Una forma habitual de estudiar un sistema físico es midiendo cambios en ciertas propiedades tras un estímulo:



Y se suele hacer mediante transductores que transformen estímulos eléctricos en estímulos de otro tipo:

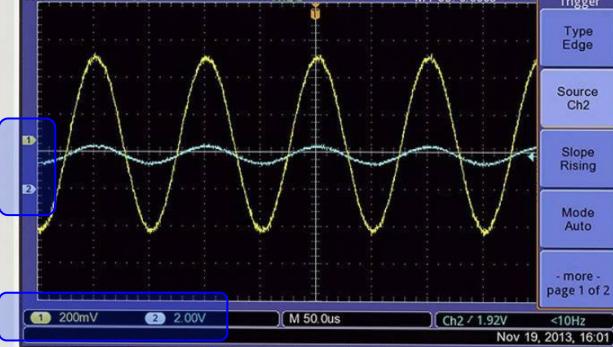


Por eso es **clave** que entendamos bien cómo trabajar con el generador de funciones y el osciloscopio.



⚠ Casi siempre vamos a trabajar con Vpp (tensión pico a pico). Para senoidales: $Vpp = 2 \cdot \text{amplitud}$. El instrumental también usa RMS (tensión eficaz). Para senoidales: $\text{RMS} = Vpp / 2\sqrt{2} \sim 0.35 Vpp$

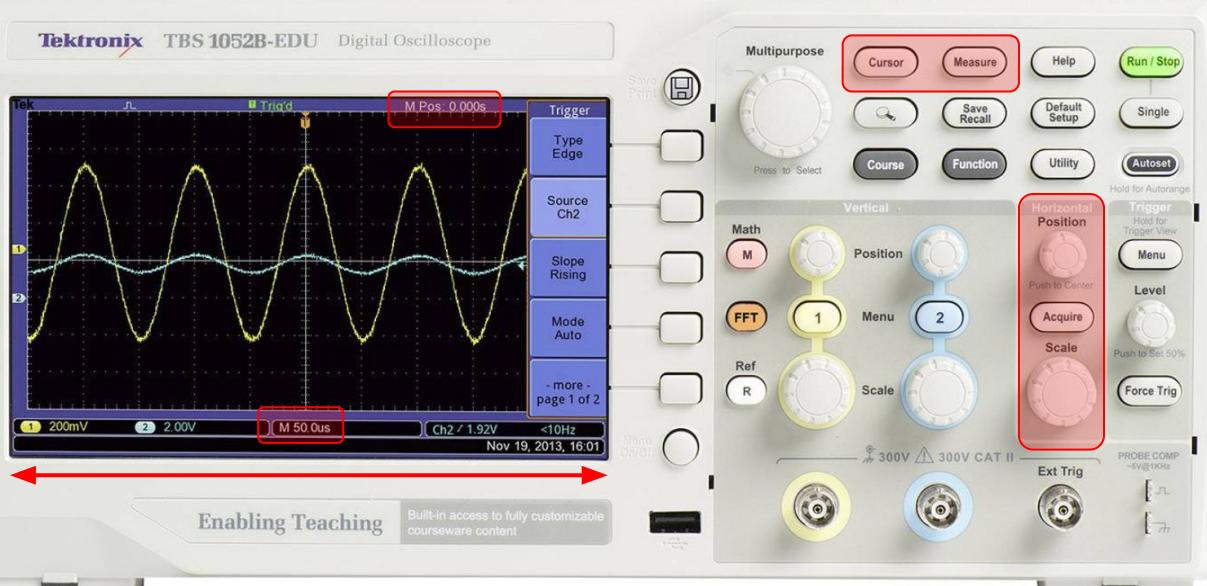
⚠ Ancho de banda de 25 MHz: señales de esa frecuencia ya sufren atenuaciones; perjudica crear cuadradas porque arruina los armónicos superiores.
 Tasa de muestreo de 125 MSample/s: cantidad de tensiones que puede generar por segundo (puntitos máximos que puede generar para construir la curva).



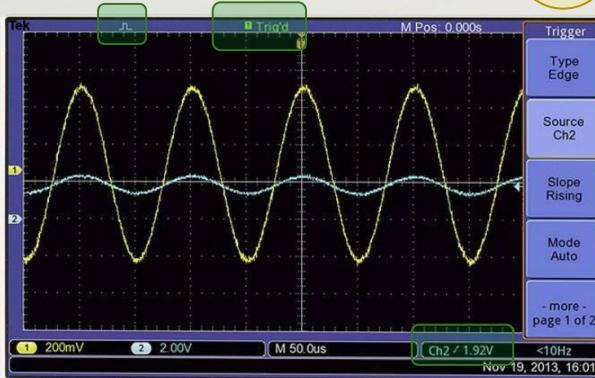
Enabling Teaching

Built-in access to fully customizable courseware content

- ⚠ Placa digitalizadora de 8 bits: escala vertical con 256 niveles, por lo que se busca que la señal ocupe todo el espacio que se pueda.
- ⚠ Escala vertical: entre 2 mV/div y 5 V/div. La pantalla tiene 8 divisiones verticales.
Ojo: no es hacer zoom, es cambiar la electrónica del osciloscopio para medir distinto.
- ⚠ Con los botones 1 y 2: acoplamiento CC (mide la señal como le llega) / CA (quita el offset) / GND (mide la referencia de tensión del osciloscopio). Sonda 1x o 10x (amplifica la señal).
- ⚠ Formas de medir: contar divisiones según la escala elegida, cursores de amplitud, mediciones automáticas.
- ⚠ Ojo: el osciloscopio mide lo que se ve en pantalla.



- ⚠ Capacidad de medición temporal altísima: 2500 puntos por pantalla.
- ⚠ Escala horizontal: entre 5 ns/div y 50 s/div. La pantalla tiene 10 divisiones horizontales. Ojo: no es hacer zoom, es cambiar la electrónica del osciloscopio para medir distinto. Ojo con el aliasing: [link a Colab](#)
- ⚠ Botón Acquire: modo Muestra (el común) o modo Promedio (promedia las últimas N pantallas, ojo con que esté correctamente triggereado).
- ⚠ Formas de medir: contar divisiones según la escala elegida, cursores de tiempo, mediciones automáticas.
- ⚠ Ojo: el osciloscopio mide lo que se ve en pantalla.



Enabling Teaching

Built-in access to fully customizable courseware content

⚠ Ancho de banda de 50 MHz: señales de esa frecuencia ya sufren atenuaciones; perjudica medir cuadradas.
 Tasa de muestreo de 1 GSample/s: cantidad de mediciones que puede realizar por seg (puntitos de la curva).

⚠ Math mode: hace operaciones sobre las curvas medidas. FFT: realiza la transformada rápida de Fourier.

⚠ Trigger: se le dice al osciloscopio “cuándo sacar las fotos” para que la señal en pantalla se vea estática.

⚠ Nivel: altura del umbral que debe cruzar la señal para que “saque foto”.

Fuente: mirando qué canal. Pendiente: si lo cruza bajando o subiendo.

Modos: auto (si no logra triggerear, saca foto igual cuando le pinta) / normal (si no logra triggerear, no saca foto) / único (saca una sola foto cuando logra triggerear).

¿Cuándo debo considerar las incertezas experimentales?

SIEMPRE

En general, $(\text{Error experimental})^2 = (\text{Error instrumental})^2 + (\text{Error estadístico})^2$

“Lo que diga el fabricante”

“Cuánto fluctúa la medición”

Por ej, del [manual](#) del Tek serie TBS1000B:

✓ DC Gain Accuracy, Sample or Average Acquisition	<p><i>This is the difference between the measured DC gain and the nominal DC gain, divided by the nominal DC gain and expressed as a percent.</i></p> <p>±3%, 5 V/div through 10 mV/div</p> <p>±4%, 5 mV/div and 2 mV/div</p>						
DC Voltage Measurement Accuracy, Average Acquisition Mode	<p>Vertical position = 0: ±(3% of reading + 0.1 div + 1 mV)</p> <p>Vertical position ≠ 0 and vertical scale = 2 mV/div to 200 mV/div: ±[3% of reading + vertical position + 1% of vertical position + 0. 2 div + 7 mV]</p> <p>Vertical position ≠ 0 and vertical scale > 200 mV/div: ±[3% of reading + vertical position + 1% of vertical position + 0.2 div + 175 mV]</p>						
Delta Volts Measurement Accuracy, Average Acquisition Mode	<p><i>Delta volts between any two averages of 16 waveforms acquired under the same setup and ambient conditions.</i></p> <p>(3% of reading + 0.05 div)</p>						
Delta Time Measurement Accuracy	<p><i>This is the accuracy of delta time measurements made on any single waveform.</i></p> <p><i>The limits are given in the following table for signals having an amplitude ≥ 5 divisions, a slew rate at the measurement points of ≥ 2.0 divisions/ns, and acquired ≥ 10 mV/div.</i></p> <table border="1"><thead><tr><th>Condition</th><th>Time Measurement Accuracy</th></tr></thead><tbody><tr><td>Single shot, sample mode, full bandwidth selected</td><td>±(1 Sample Internal + 100 ppm * reading + 0.6 ns)</td></tr><tr><td>> 16 averages, full bandwidth selected</td><td>±(1 Sample Internal + 100 ppm * reading + 0.4 ns)</td></tr></tbody></table> <p>The Sample Interval is the time between the samples in the waveform record. (10*div/2500)</p>	Condition	Time Measurement Accuracy	Single shot, sample mode, full bandwidth selected	±(1 Sample Internal + 100 ppm * reading + 0.6 ns)	> 16 averages, full bandwidth selected	±(1 Sample Internal + 100 ppm * reading + 0.4 ns)
Condition	Time Measurement Accuracy						
Single shot, sample mode, full bandwidth selected	±(1 Sample Internal + 100 ppm * reading + 0.6 ns)						
> 16 averages, full bandwidth selected	±(1 Sample Internal + 100 ppm * reading + 0.4 ns)						

⚠ Esto es a primer orden
¡si hay otras fuentes de error
también hay que incluirlas!

Y, por supuesto, si estoy obteniendo $f(x,y)$ indirectamente, su error se obtiene propagando los errores de x e y :

$$\Delta f(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \Delta y\right)^2}$$

Ejemplos ~reales

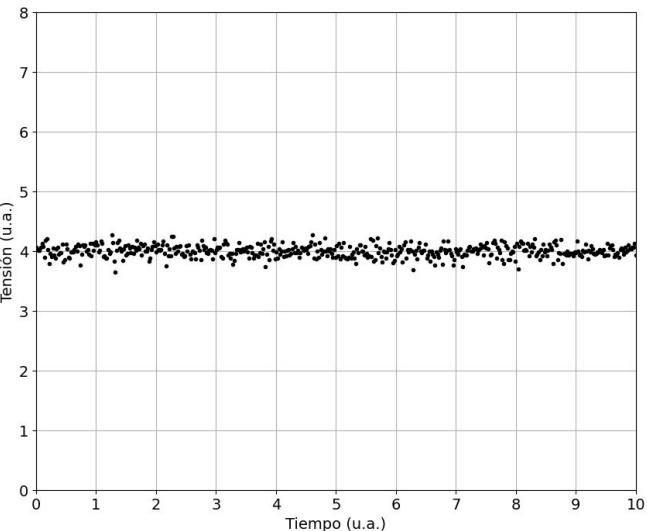
Clave 1:

el error estadístico puedo bajarlo midiendo más,
pero el instrumental siempre está.

Clave 2:

Suele dominar uno solo de los términos del error.

Error de
tensión
continua



✓ DC Gain Accuracy,
Sample or Average
Acquisition

This is the difference between the measured DC gain and the nominal DC gain, divided by the nominal DC gain and expressed as a percent.

±3%, 5 V/div through 10 mV/div

±4%, 5 mV/div and 2 mV/div

DC Voltage
Measurement Accuracy,
Average Acquisition
Mode

Vertical position = 0: $\pm(3\% \text{ of } |\text{reading}| + 0.1 \text{ div} + 1 \text{ mV})$

Vertical position ≠ 0 and vertical scale = 2 mV/div to 200 mV/div: $\pm[3\% \text{ of } |\text{reading} + \text{vertical position}| + 1\% \text{ of } |\text{vertical position}| + 0.2 \text{ div} + 7 \text{ mV}]$

Vertical position ≠ 0 and vertical scale > 200 mV/div: $\pm[3\% \text{ of } |\text{reading} + \text{vertical position}| + 1\% \text{ of } |\text{vertical position}| + 0.2 \text{ div} + 175 \text{ mV}]$

Delta Volts Measurement
Accuracy, Average
Acquisition Mode

Delta volts between any two averages of 16 waveforms acquired under the same setup and ambient conditions.

$(3\% \text{ of } |\text{reading}| + 0.05 \text{ div})$

Delta Time Measurement
Accuracy

This is the accuracy of delta time measurements made on any single waveform.

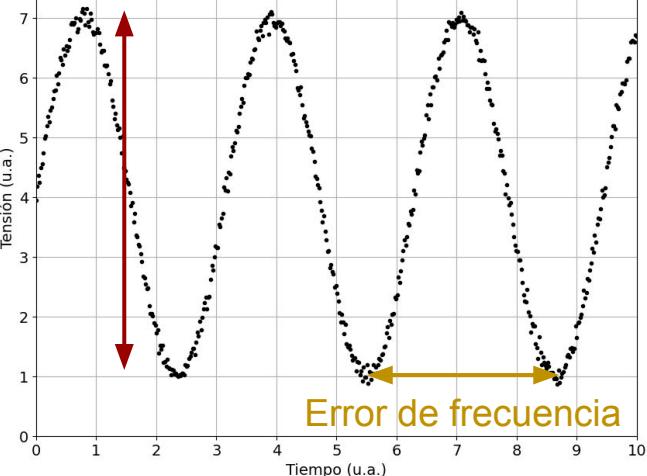
The limits are given in the following table for signals having an amplitude ≥ 5 divisions, a slew rate at the measurement points of ≥ 2.0 divisions/ns, and acquired ≥ 10 mV/div.

Condition	Time Measurement Accuracy
Single shot, sample mode, full bandwidth selected	$\pm(1 \text{ Sample Internal} + 100 \text{ ppm} * \text{reading} + 0.6 \text{ ns})$
> 16 averages, full bandwidth selected	$\pm(1 \text{ Sample Internal} + 100 \text{ ppm} * \text{reading} + 0.4 \text{ ns})$

The Sample Interval is the time between the samples in the waveform record. (10*div/2500)

¡Esto es para
tiempo = 1/frec!
Hay que propagarlo

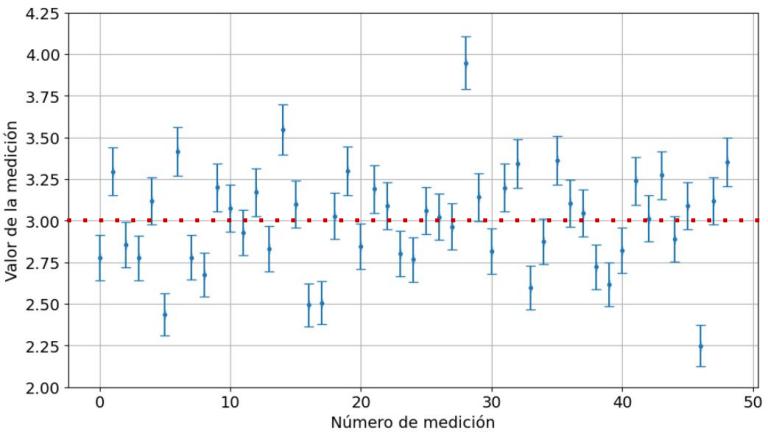
Error de tensión pico a pico



Cómo reportar resultados: desviación estándar y error estándar

Para cada dato

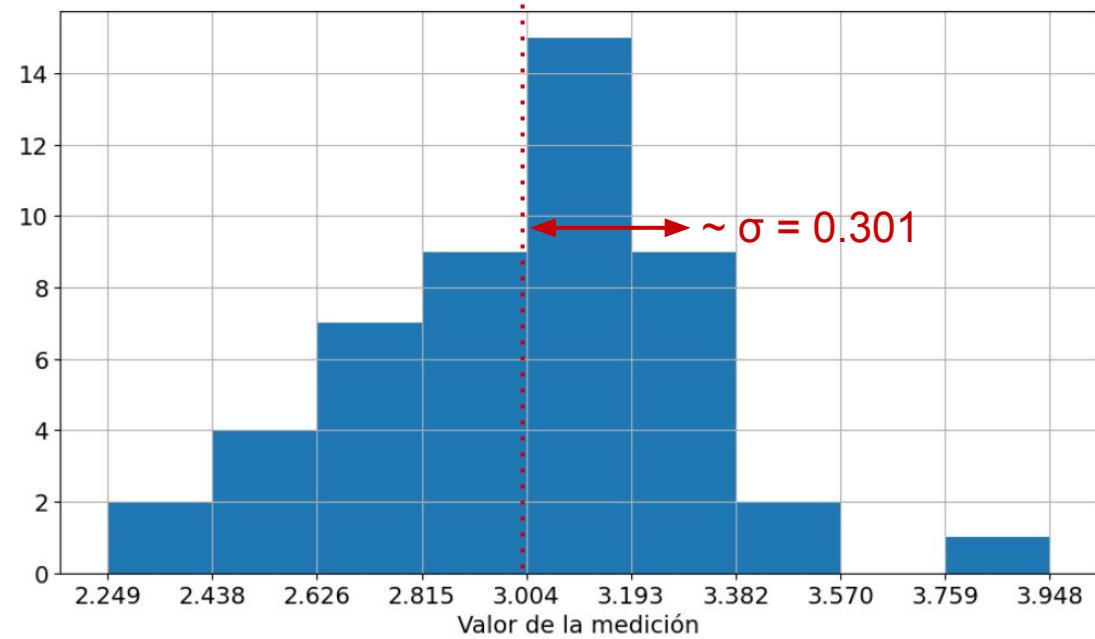
Para la media



$$\sim \sigma = 0.301 \quad \sim \mu = 2.997$$

σ es el error de cada dato:
el próximo dato probablemente valga
 2.997 ± 0.301

σ/\sqrt{N} es el error de μ :
el próximo μ probablemente valga
 2.997 ± 0.043



Cómo reportar resultados: cifras significativas

Aquellas para las cuales hay certeza.

1) ¿Cuántas cifras significativas tiene?

$$0.0037 \rightarrow 2$$

$$0.00370 \rightarrow 3$$

$$3700 \rightarrow 4$$

$$3.7 \cdot 10^2 \rightarrow 2$$

$$3.70 \cdot 10^2 \rightarrow 3$$

2) ¿Cómo reporto 0.37059 con N cifras significativas?

$$N = 4 \rightarrow 0.3706$$

$$N = 3 \rightarrow 0.371$$

$$N = 2 \rightarrow 0.37$$

$$N = 1 \rightarrow 0.4$$

3) ¿Cómo reporto 37059 con N cifras significativas?

$$N = 4 \rightarrow 3.706 \cdot 10^4 = 37060$$

$$N = 3 \rightarrow 3.71 \cdot 10^4 = 37100$$

$$N = 2 \rightarrow 3.7 \cdot 10^4 = 37000$$

$$N = 1 \rightarrow 4 \cdot 10^4 = 40000$$

Cómo reportar resultados: cifras significativas

Aquellas para las cuales hay certeza.

El error es lo que me habla de la certeza de la medición

¿Entonces cómo reporto $0.37059 \pm \underline{0.007236}$?

0.37059 ± 0.00724

0.3706 ± 0.0072

0.371 ± 0.007

¿y 3705.9 ± 72.36 ?

3705.9 ± 72.4

3706 ± 72

3710 ± 70

REGLA:

- 1) Elijo la cantidad de cifras significativas.
- 2) Se las aplico al error.
- 3) Escribo el valor estimado hasta la misma posición que el error.
- 4) Los reporto de la misma forma.

Por ejemplo:

0.37059 ± 0.0072

0.3706 ± 0.00724

$0.37059 \pm 7.2 \cdot 10^{-3}$

$37.06 \cdot 10^{-2} \pm 7.2 \cdot 10^{-3}$

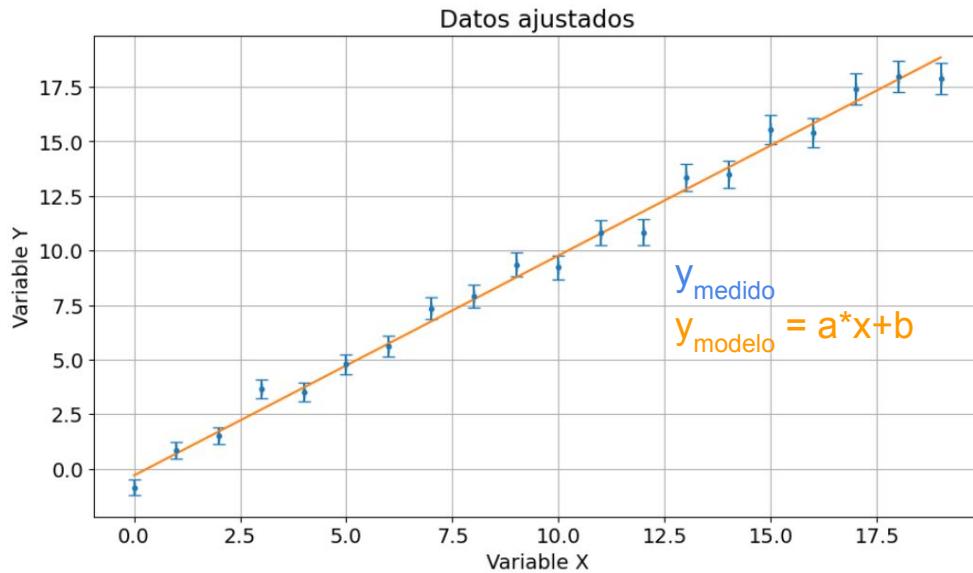
$370.6 \cdot 10^{-3} \pm 7.2 \cdot 10^{-3}$

$(370.6 \pm 7.2) \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$(370.6 \pm 7.2) \text{ mm}$

$370.6 \text{ mm} \pm 7.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Regresiones y estimación de parámetros ([link a Colab](#))



- 1) Ajusto por un modelo porque mi sistema físico es explicado por él y/o obtener los parámetros del modelo me provee información relevante.
- 2) Ajustar por cuadrados mínimos es encontrar a y b para los cuales se minimiza
$$\chi^2 = \sum \left(\frac{y_{\text{medido}} - y_{\text{modelo}}}{y_{\text{error}}} \right)^2$$
- 3) ¿Cómo sé si el ajuste es bueno?
Es decir: ¿cómo sé si los parámetros obtenidos tienen alguna relevancia?
Busco funciones de los datos ("estadísticos") que me den indicios cuantitativos de qué tan bien ajusta.

Distintos tests me dicen distintas cosas:

Residuos: diferencia entre lo medido y lo explicado por el modelo.

R^2 : qué proporción de los residuos es explicada por el modelo.

Test χ^2 : suma de (proporción de los residuos que no es explicada por los errores)

Test F: si la variación explicada por el modelo es al azar o no.

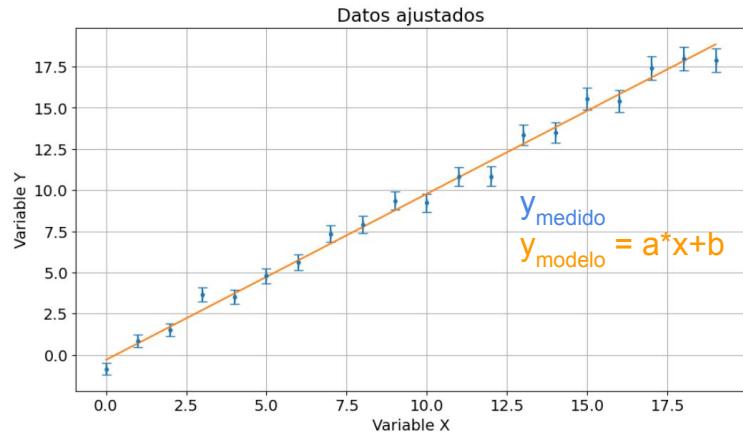
Test t: si ese parámetro del modelo es significativo o no.

E IGUAL NUNCA SE ESTÁ DEL TODO SEGURO



	A ojo se ve bien	A ojo se ve mal
Estadísticos dan bien	Bastante convincente	Tus estadísticos no explican lo suficiente
Estadísticos dan mal	Revisar el por qué detalladamente	Y no jajan't

Test χ^2 :



$\chi^2 > \nu$: mal ajuste o errores subestimados

$\chi^2 < \nu$: sobreajuste o errores sobreestimados

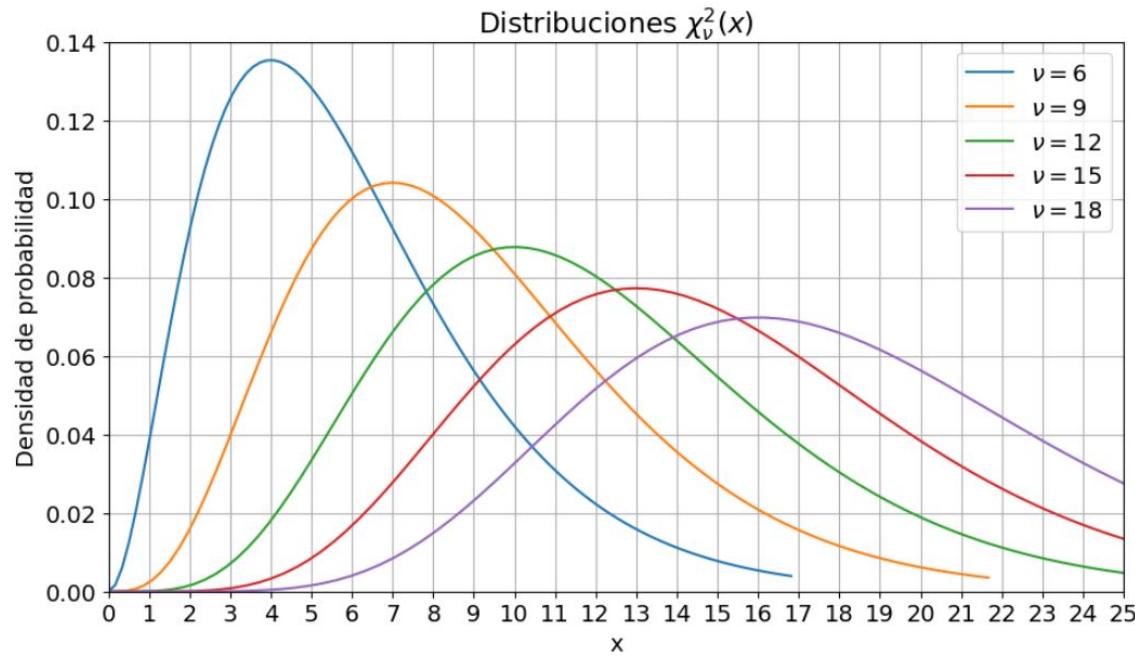
$\frac{\chi^2}{\nu}$: “chi cuadrado reducido” en relación a 1

Ajustar por cuadrados mínimos es minimizar la magnitud:

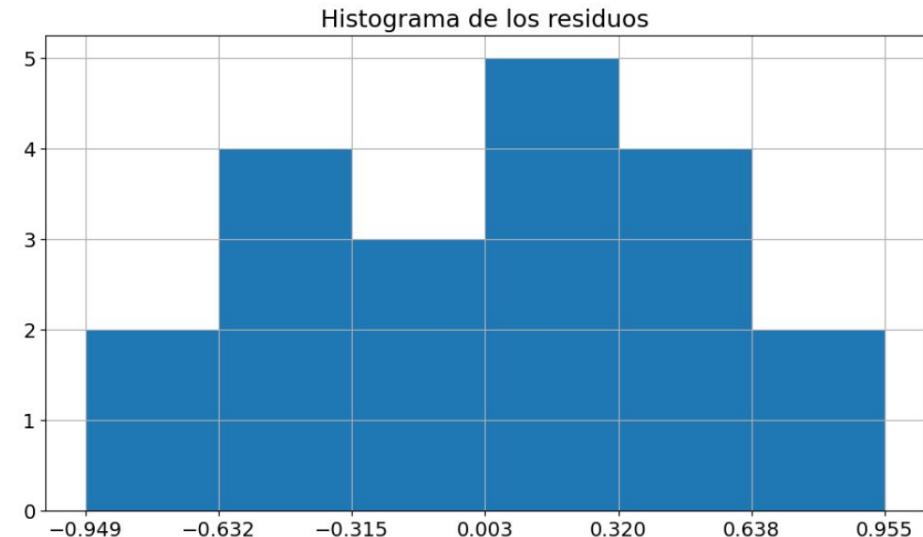
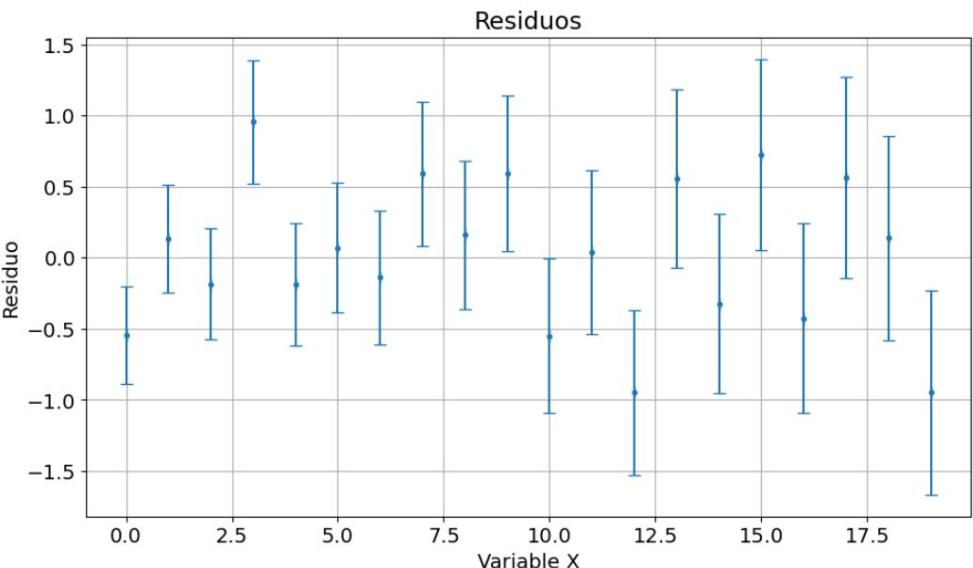
$$\chi^2 = \sum \left(\frac{y_{\text{medido}} - y_{\text{modelo}}}{y_{\text{error}}} \right)^2$$

Que depende de los grados de libertad:

$$v = \# \text{datos} - \# \text{parámetros_ajuste} - 1$$



Residuos:



Deben presentar una distribución aleatoria y no estar correlacionados con ninguna otra variable, ni correlacionados entre sí.