

# Sistemas de Adquisición de datos (DAQ)

Presentación adaptada de presentaciones de Mónica Agüero, Luz Bavassi, Maia Brodiano, Verónica Pérez Schuster y otros/as docentes del DF-Exactas UBA

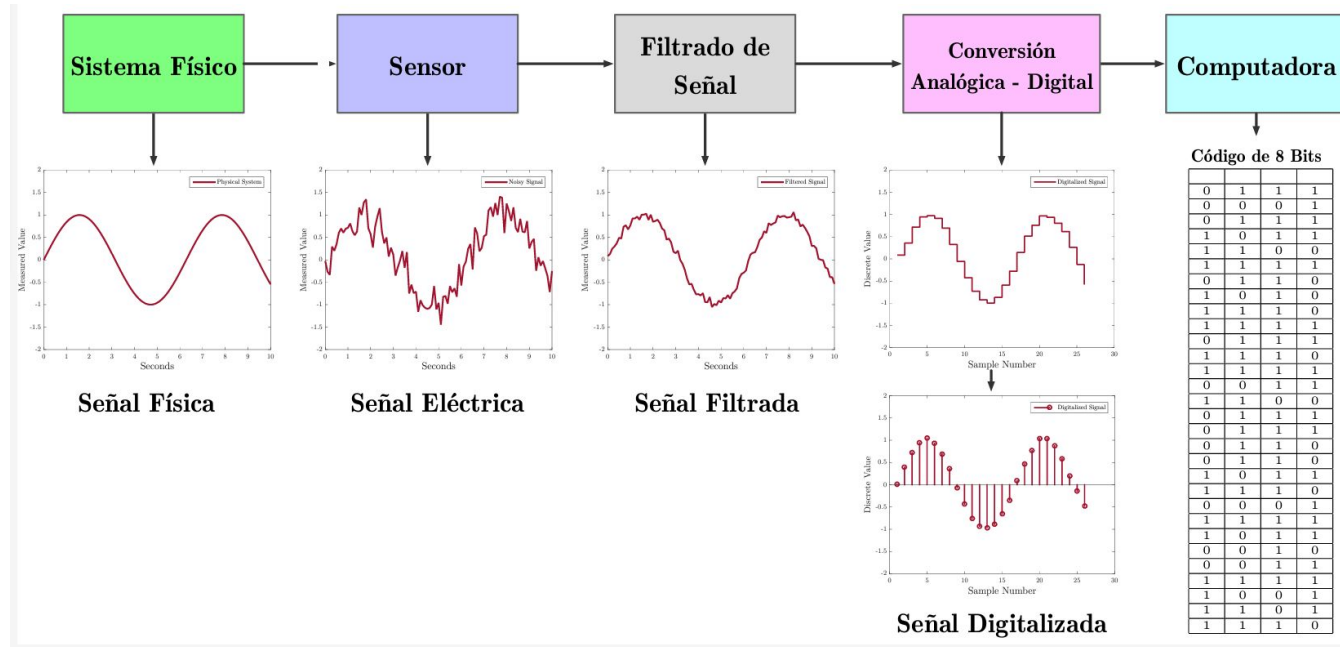
# Sistemas de adquisición de datos

Objetivo: obtener mediciones de variables o fenómenos físicos de interés.

Los sistemas de adquisición de datos típicamente convierten la medición de una señal analógica a un lenguaje digital para su almacenamiento y procesamiento con la computadora.

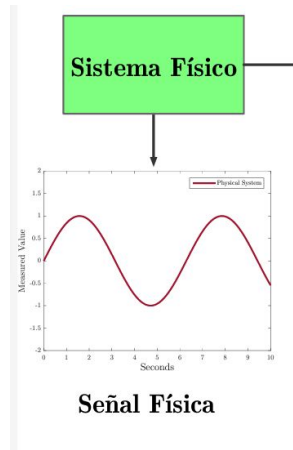
De esta forma podemos automatizar parte del proceso de medición y realizar los análisis correspondientes

# Sistema digital de adquisición de datos ¿Qué es?



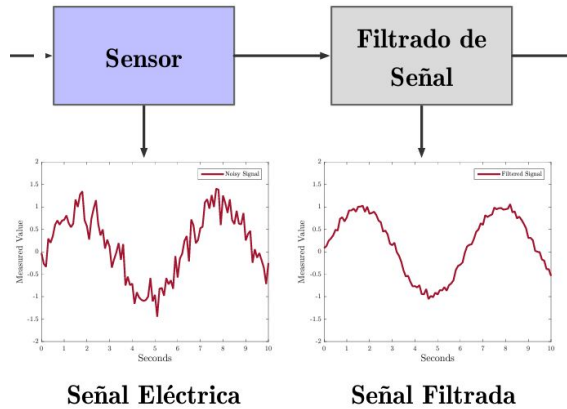
fuelle: Wikipedia ([https://es.wikipedia.org/wiki/Adquisici%C3%B3n\\_de\\_datos](https://es.wikipedia.org/wiki/Adquisici%C3%B3n_de_datos))

# DAQ parte por parte



- Objetivo: obtener mediciones de variables o fenómenos físicos de interés
- Es el dato que queremos medir

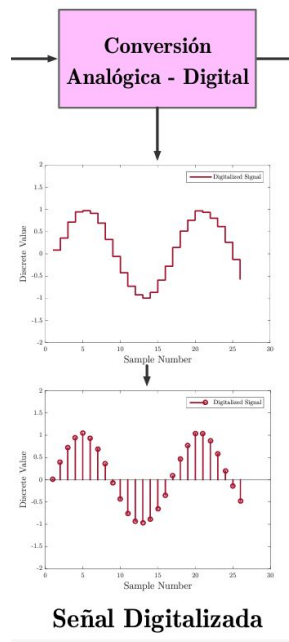
# DAQ parte por parte



- Es el instrumento de medición
- Debe tener alguna propiedad sensible a la magnitud que se desea medir (entrada)
- La salida del sensor es una señal eléctrica cuyos valores están relacionados con la magnitud física que se quiere medir.



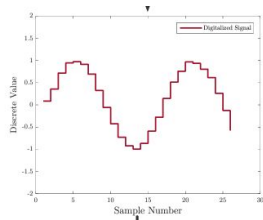
# DAQ parte por parte



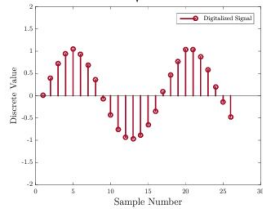
- DAQ hardware son por lo general las interfaces entre la señal y un PC.
- Podría ser en forma de módulos que pueden ser conectados a la computadora de los puertos (paralelo, serie, USB, etc...) o ranuras de las tarjetas conectadas a (PCI, ISA) en la placa madre.



# Señales digitalizadas



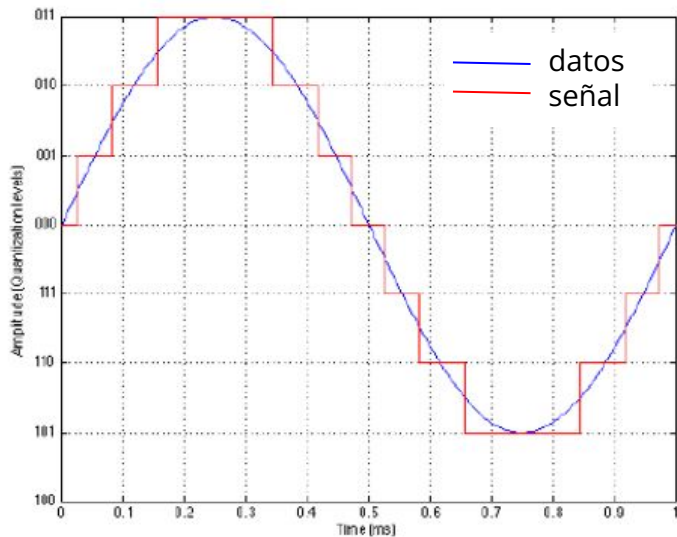
Número de bits: determina la resolución en voltaje



Frecuencia de adquisición: determina la resolución temporal de la digitalización.

Señal Digitalizada

# Resolución: bits



- La señal no puede tomar valores intermedios.
- Cada dato medido se representa utilizando una dada cantidad de números binarios

Por ejemplo:

2 bits: [00 01 10 11]  $\longrightarrow$  4 valores posibles



# Resolución: bits

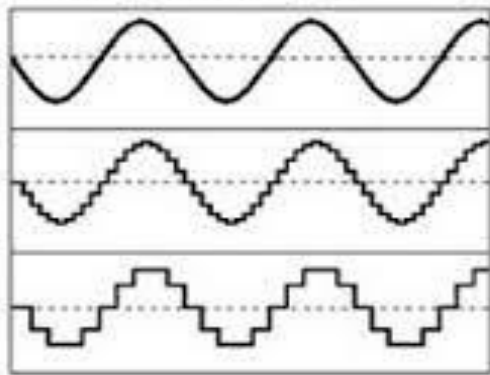
Bit	Valores
1 bit	2 valores
2 bits	4 valores
3 bits	8 valores
4 bits	16 valores
5 bits	32 valores
6 bits	64 valores
8 bits	256 valores
10 bits	1.024 valores
12 bits	4.096 valores
16 bits	65.536 valores
24 bits	16,7 millones de valores
32 bits	4.294 millones de valores
64 bits	18 trillones de valores

¿Cómo calculo la resolución?

$$\text{Resolución} = \frac{\text{Rango}}{\# \text{Valores}} = \frac{\text{Rango}}{2^{\# \text{bits}}}$$

x bits  $\square \longrightarrow$   $2^x$  números

# Algunos ejemplos



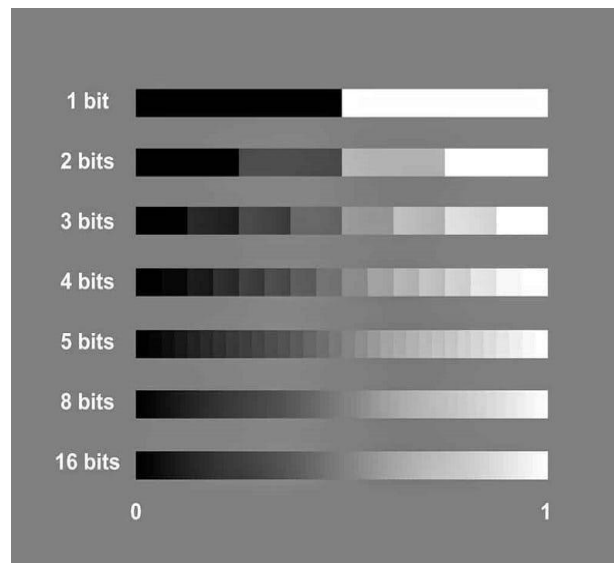
señal de sonido

medida con 16 bits

medida con 8 bits

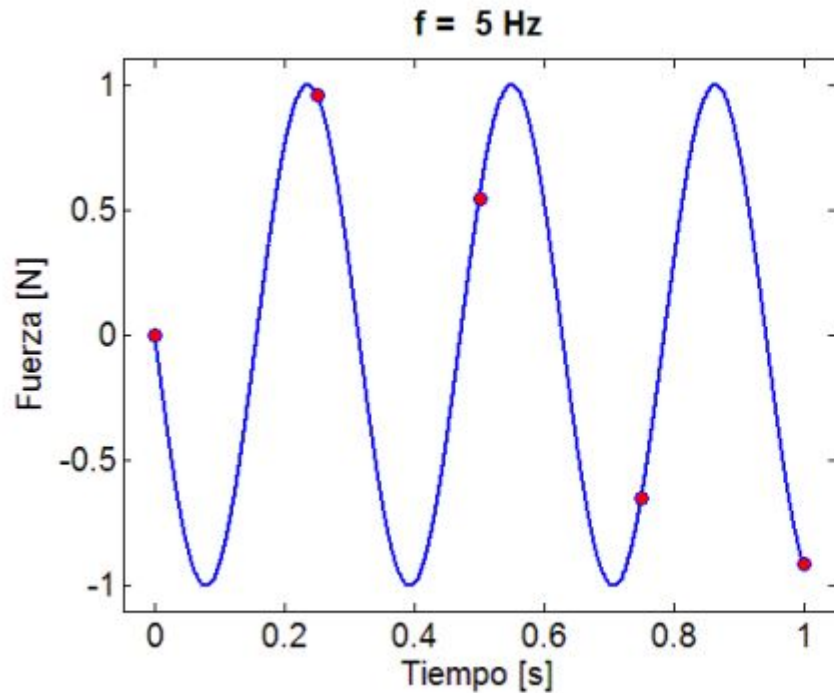
<https://magroove.com/blog/es-mx/profundidad-de-bits/>

## Escala de grises

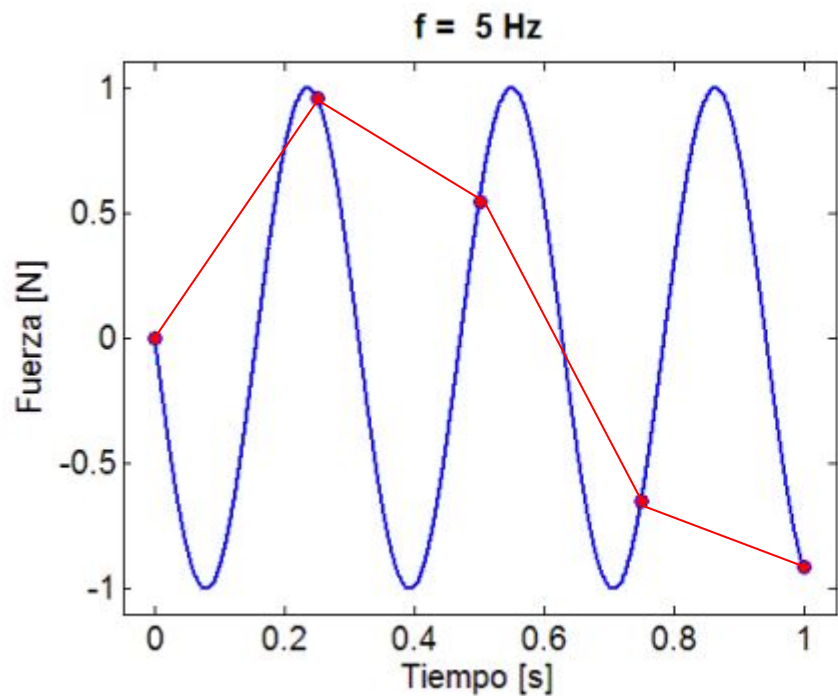


<https://www.crehana.com/blog/estilo-vida/que-es-mapa-bits/>

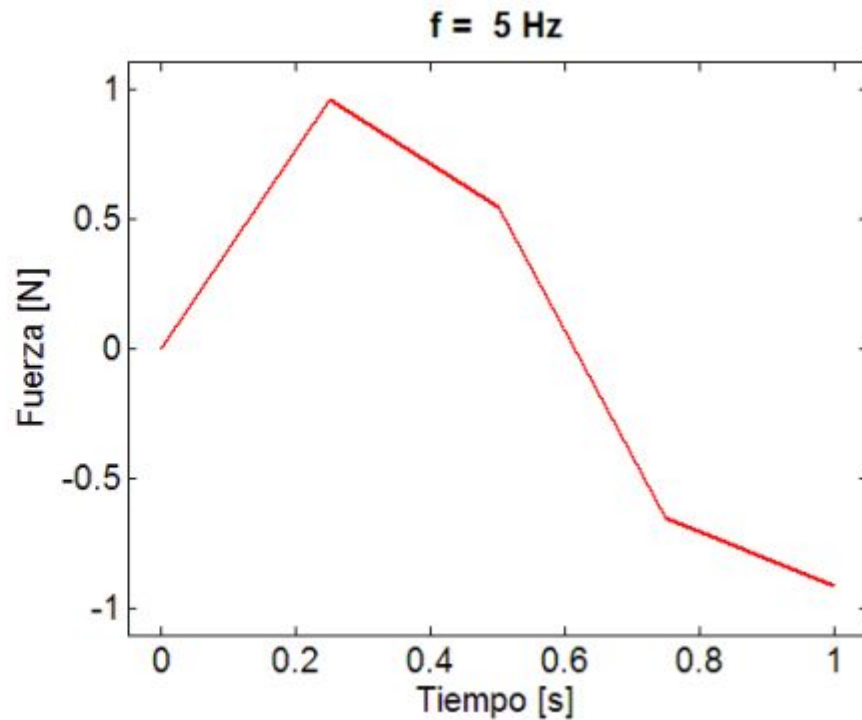
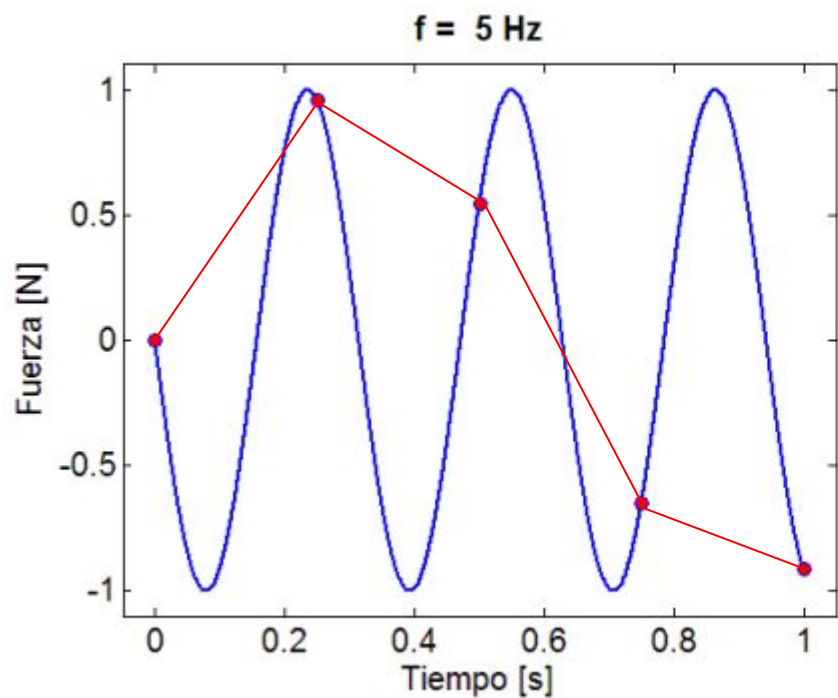
# Frecuencia de muestreo



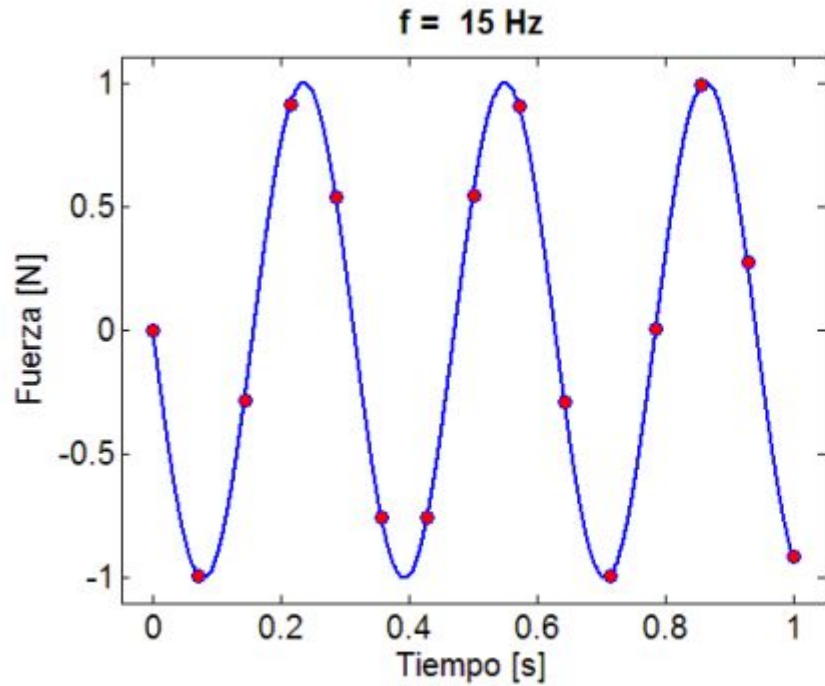
# Frecuencia de muestreo



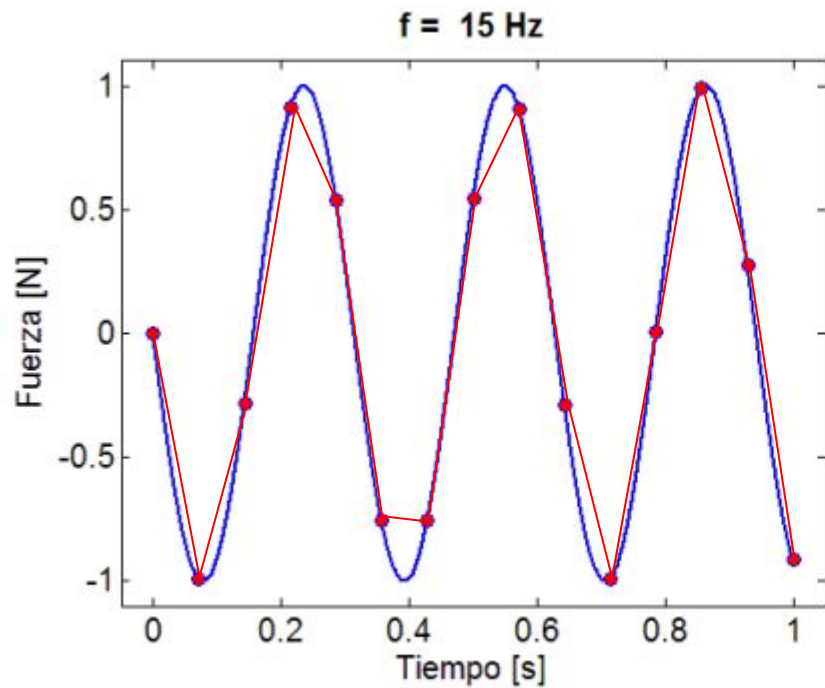
# Frecuencia de muestreo



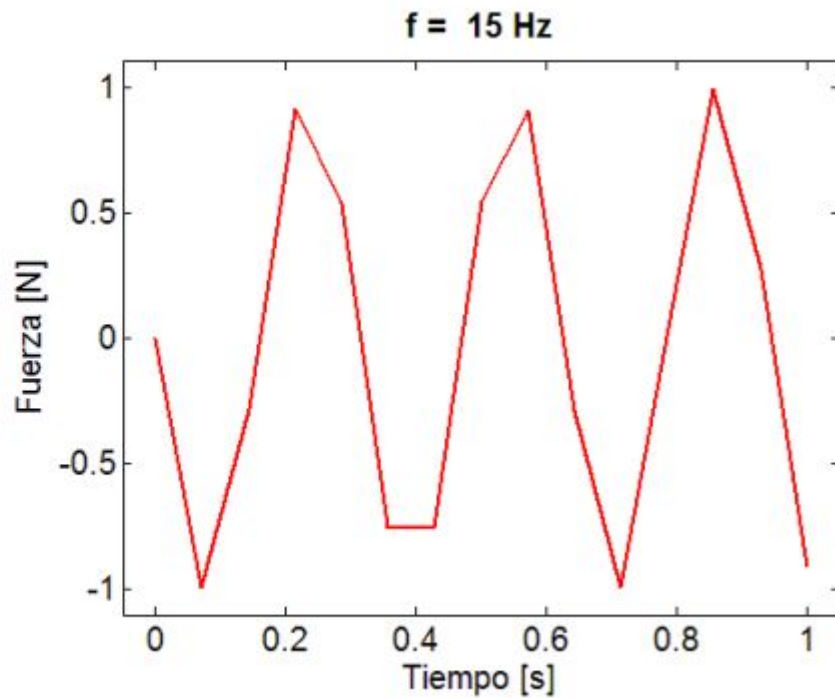
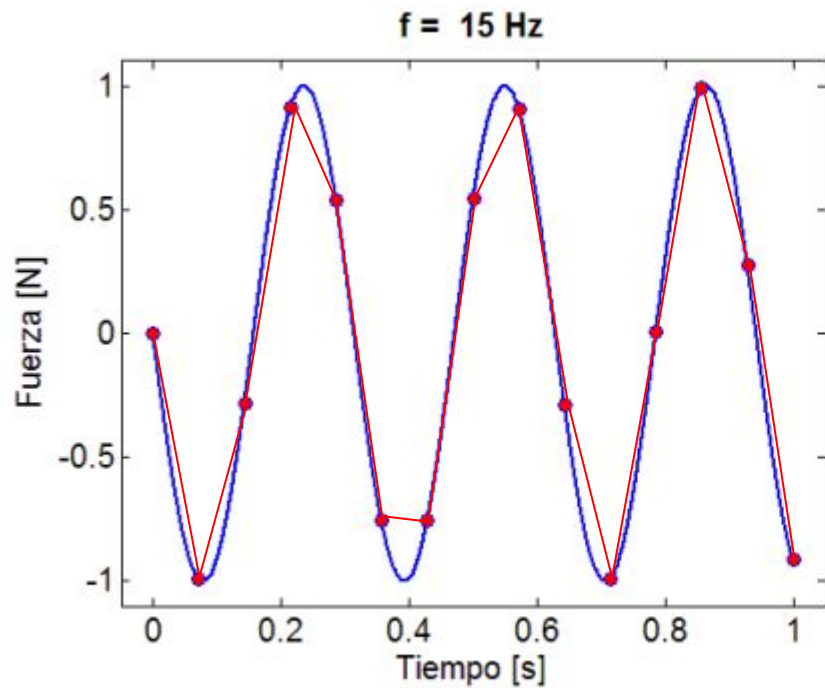
# Frecuencia de muestreo



# Frecuencia de muestreo

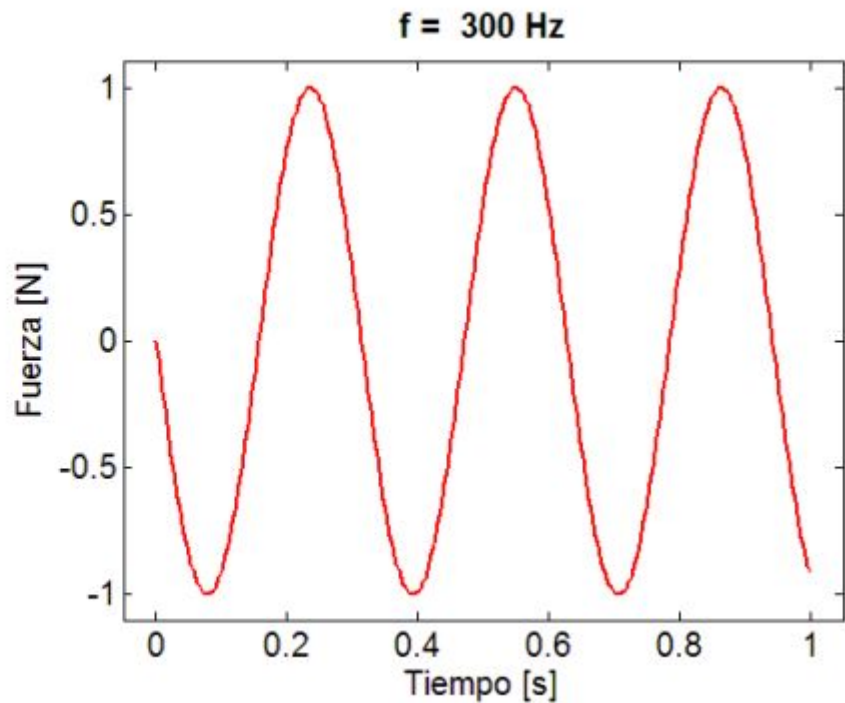
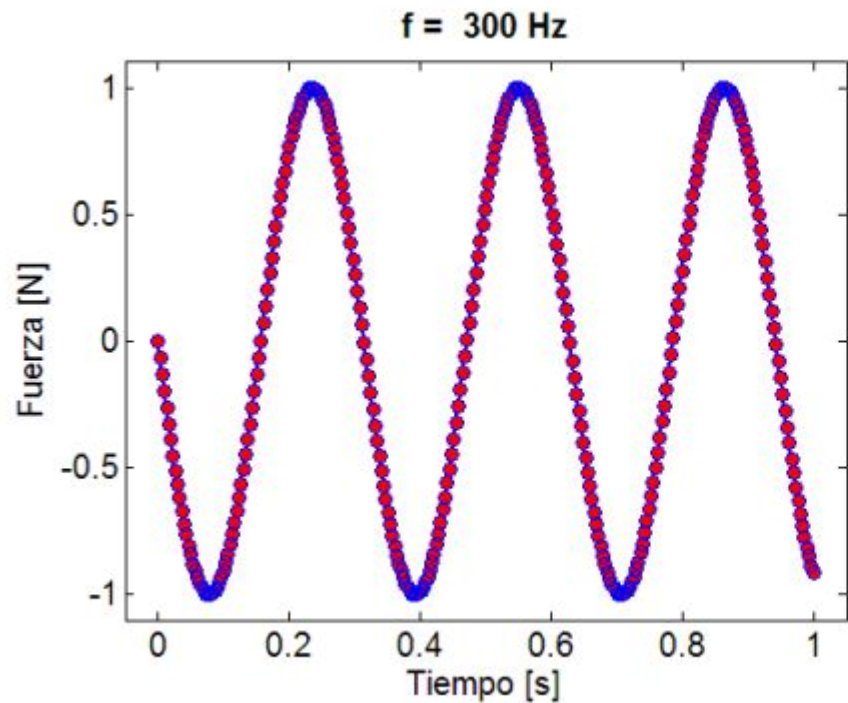


# Frecuencia de muestreo





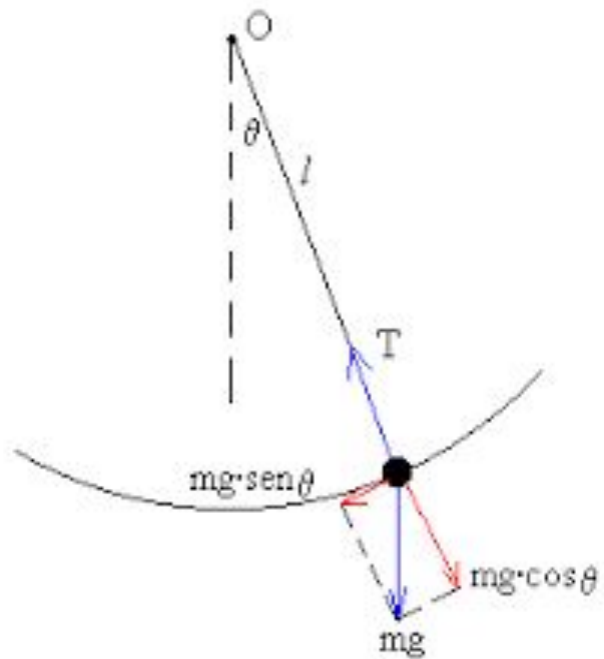
# Frecuencia de muestreo



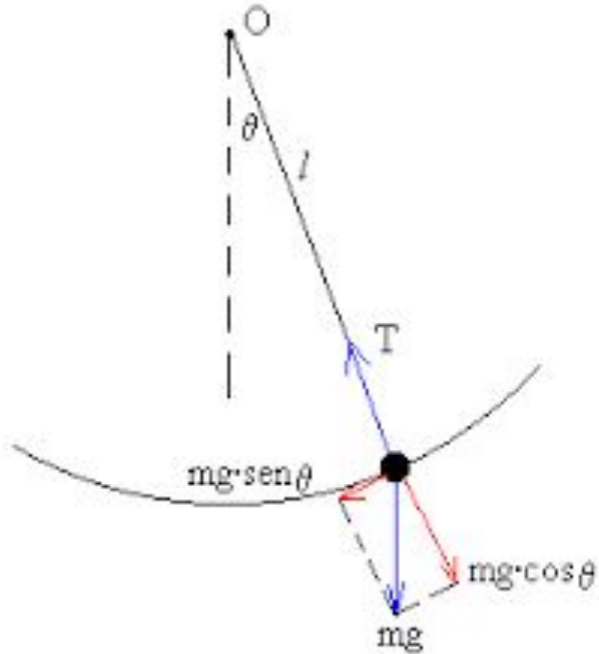
# Objetivos particulares de la práctica

- Calcular el valor de la gravedad
- Medir el periodo de un péndulo de distintas longitudes
- Automatizar la toma de datos

# Un poco de física



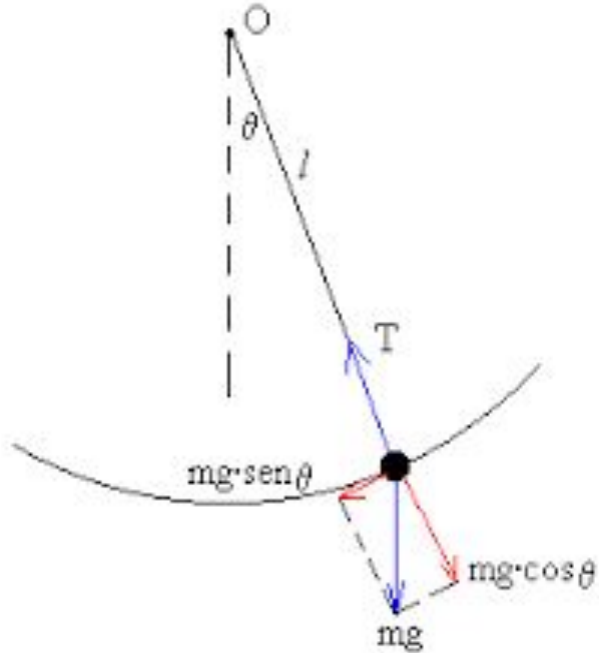
# Un poco de física



Movimiento de péndulo bajo hipótesis:

- Pequeñas oscilaciones
- hilo inextensible y de masa despreciable
- movimiento en el plano

# Un poco de física



$$\hat{r}) \quad mg \cos(\theta) - T = -mL\dot{\theta}^2$$

$$\hat{\theta}) \quad -mg \sin(\theta) = mL\ddot{\theta}$$

$$0 = L\ddot{\theta} + g \sin(\theta)$$

$$0 = \ddot{\theta} + \frac{g}{L} \sin(\theta)$$

$$0 = \ddot{\theta} + \frac{g}{L} \theta$$

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

¿Cómo mido la gravedad?

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

¿Cómo mido la gravedad?

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

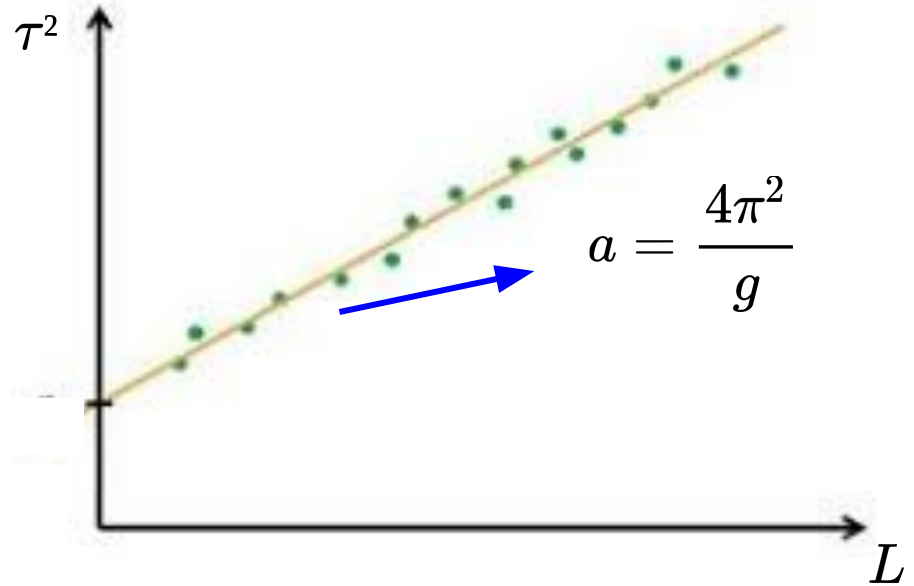


Variando el largo, obtenemos distintos periodos. Pero  $g$  ¿varía? con qué valor nos quedamos

¿Cómo mido la gravedad?

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\tau^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$$





# ¿Cómo calculamos g?

Movimiento de péndulo bajo hipótesis:

- Pequeñas oscilaciones
- hilo inextensible y de masa despreciable
- movimiento en el plano

$$T \approx T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$



Variando el largo, obtenemos distintos periodos. Pero g ¿varía? con qué valor nos quedamos

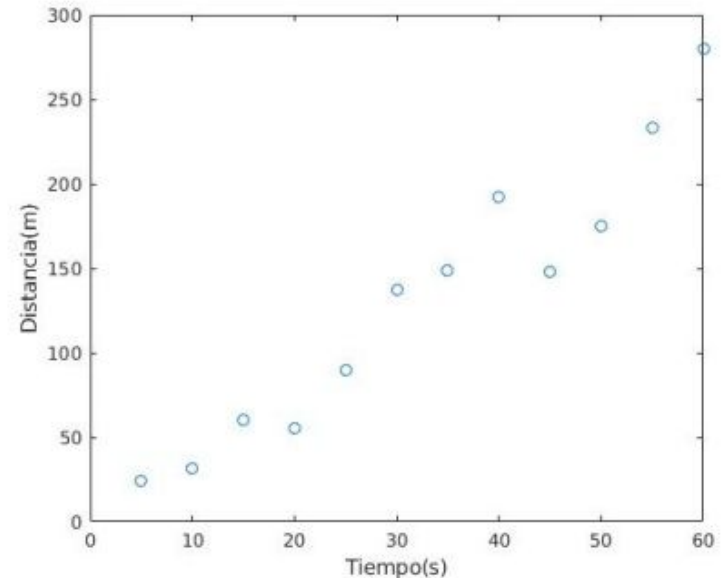
# Regresiones lineales

# Regresión Lineal

Buscamos encontrar modelos que ajusten y puedan predecir datos medibles del universo

- Datos  $\longrightarrow$  • N pares de  $(x_i, y_i)$
- Modelo  $\longrightarrow$   $y = f(x) = b + m \cdot x$

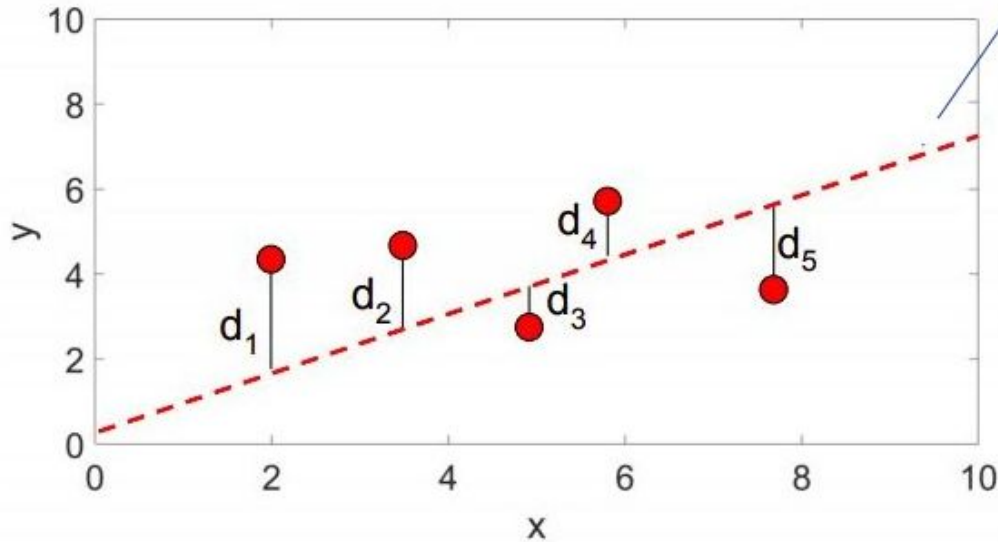
Buscamos los parámetros  $m$  y  $b$  que minimicen la distancia entre datos y modelo



# Regresión Lineal

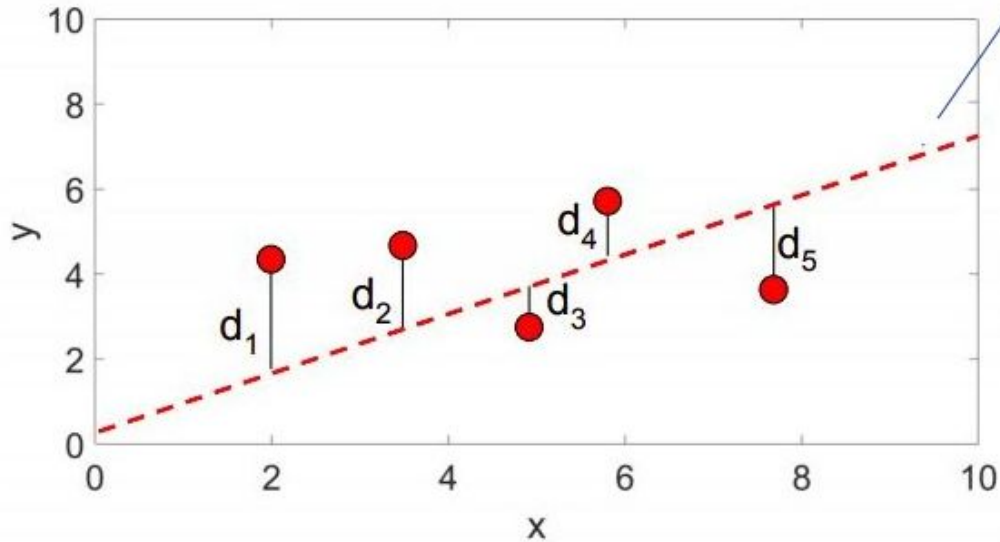
Buscamos los parámetros  $m$  y  $b$  que minimicen la distancia entre datos y modelo

$$y = f(x) = b + m \cdot x$$



# Regresión Lineal

Buscamos los parámetros  $m$  y  $b$  que minimicen la distancia entre datos y modelo



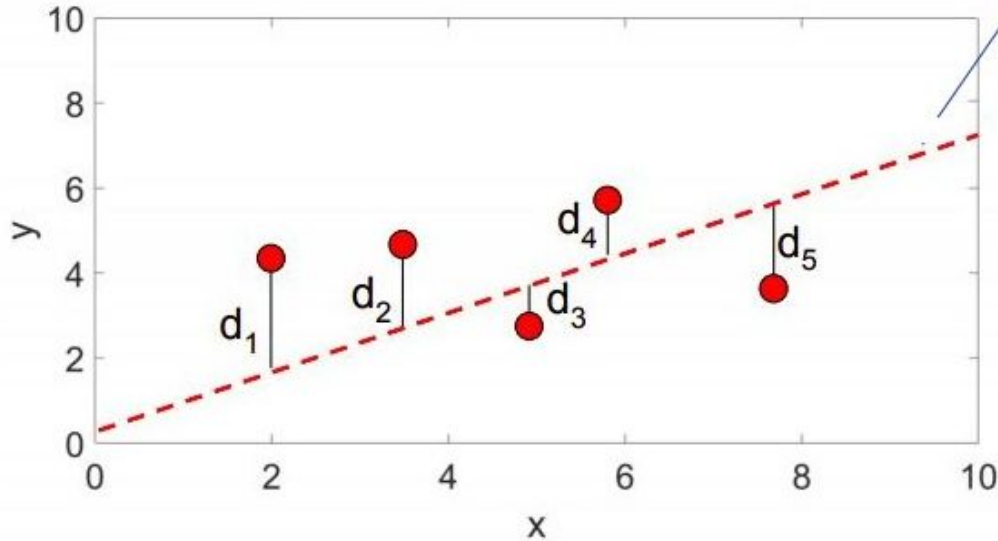
$$y = f(x) = b + m \cdot x$$

Queremos minimizar la suma:

$$d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + d_5^2$$

# Regresión Lineal

Buscamos los parámetros  $m$  y  $b$  que minimicen la distancia entre datos y modelo



$$y = f(x) = b + m \cdot x$$

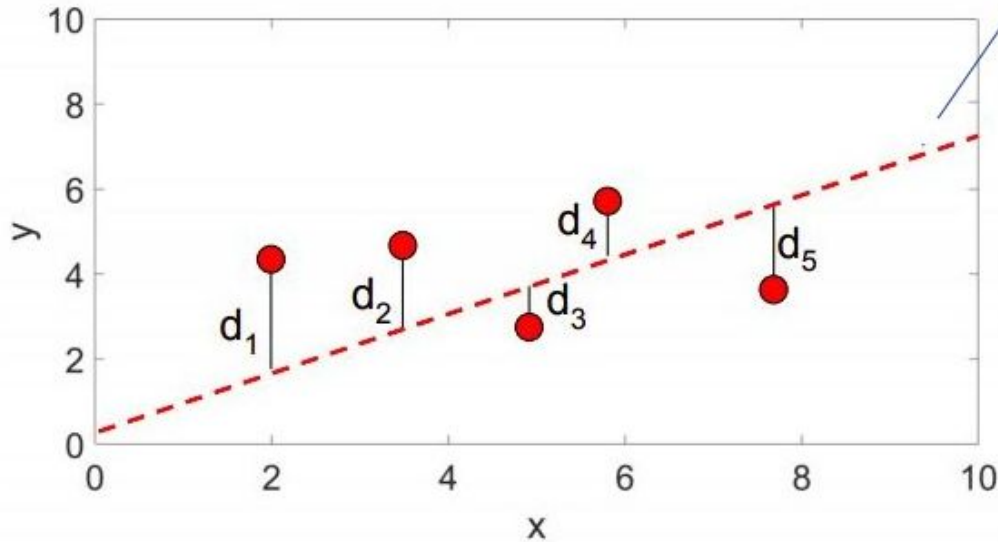
Queremos minimizar la suma:

$$d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + d_5^2$$

$$S(m, b) = \sum_{i=1}^N [y_i - (mx_i + b)]^2$$

# Regresión Lineal

Buscamos los parámetros  $m$  y  $b$  que minimicen la distancia entre datos y modelo



$$y = f(x) = b + m \cdot x$$

Queremos minimizar la suma:

$$d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + d_5^2$$

$$S(m, b) = \sum_{i=1}^N [y_i - (mx_i + b)]^2$$

Residuos

# La cuenta en si...

$$S(m, b) = \sum_{i=1}^N [y_i - (mx_i + b)]^2 = \sum_{i=1}^N y_i^2 + m^2 \sum_{i=1}^N x_i^2 + Nb^2 + 2mb \sum_{i=1}^N x_i - 2m \sum_{i=1}^N x_i y_i - 2b \sum_{i=1}^N y_i$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial S(m, b)}{\partial m} &= 0 \\ \frac{\partial S(m, b)}{\partial b} &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} 2m \sum_{i=1}^N x_i^2 + 2b \sum_{i=1}^N x_i - 2 \sum_{i=1}^N x_i y_i &= 0 \\ 2Nb + 2m \sum_{i=1}^N x_i - 2 \sum_{i=1}^N y_i &= 0 \end{aligned}$$
$$m = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$
$$b = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Errores en x e y despreciables

Para más detalles de las cuentas ---> Ver D. C. Baird. Prentice Hall (1991).  
Apéndice 2



# Teniendo en cuenta los errores

- Errores en x e y despreciables

$$S(m, b) = \sum_{i=1}^N [y_i - (mx_i + b)]^2$$

(sin errores)



- Considero errores en y
- Considero que en x son despreciables

$$\chi^2 = \sum \left[ \frac{y_i - (mx_i + b)}{\sigma_i} \right]^2$$

(con errores)

**cuadrados mínimos ponderados**

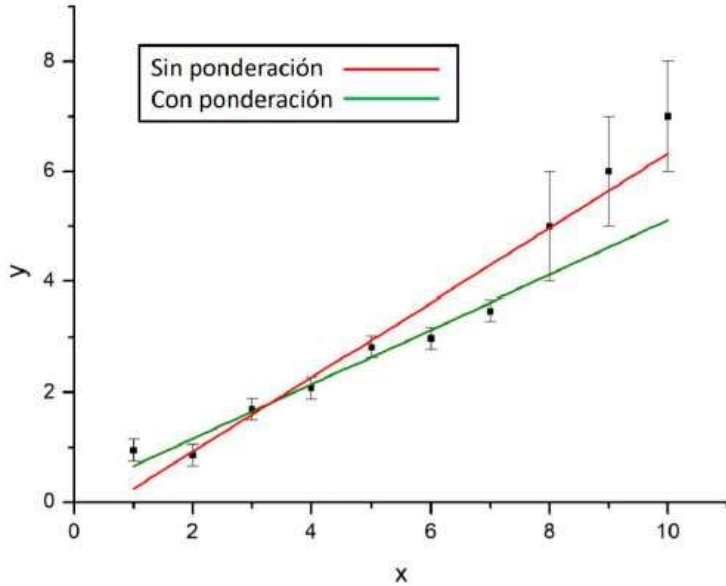
# Cuadrados mínimos ponderados

Hasta ahora, sólo consideramos a los residuos como error, pero  
¿Existe un método que tenga en consideración los errores de  
cada medición para obtener la recta? ¿Qué pasa si los puntos no  
pesan lo mismo?

En lugar de minimizar la suma de los residuos,  
minimizamos  $\chi^2$  :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2$$

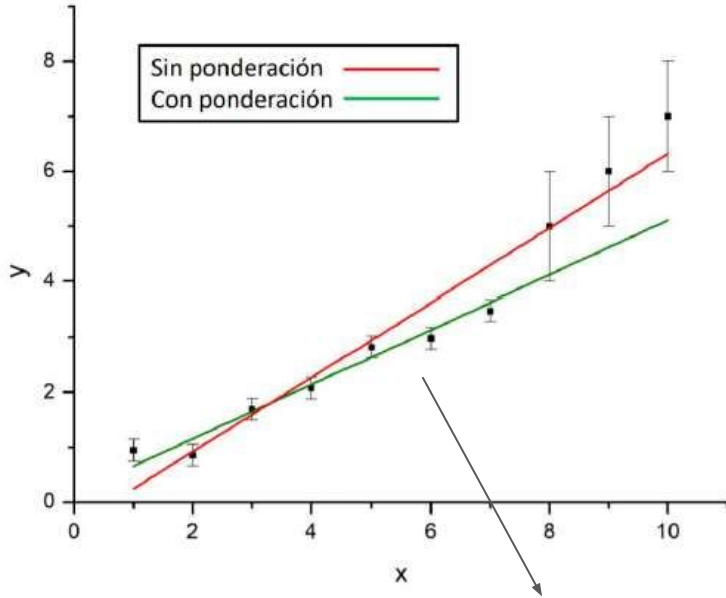
# Resumiendo



$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2 \longrightarrow \text{Ponderados}$$

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2 \longrightarrow \text{No Ponderados}$$

# Resumiendo

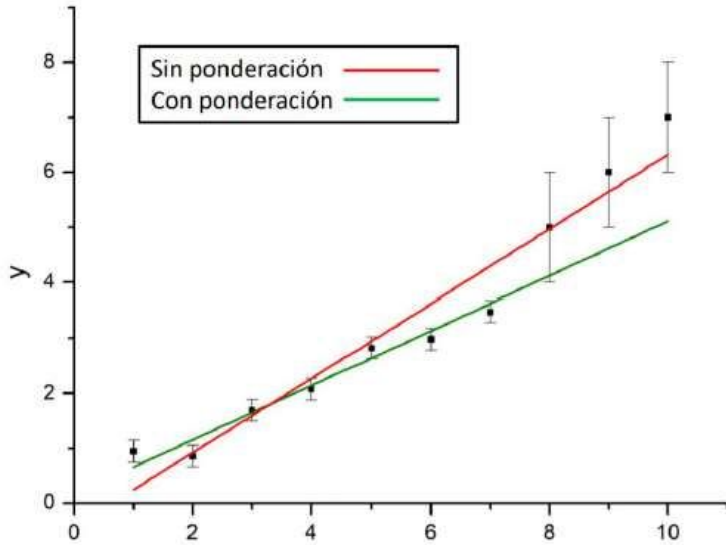


$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2 \longrightarrow \text{Ponderados}$$

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2 \longrightarrow \text{No Ponderados}$$

Son más relevantes las medidas con menor incerteza!

# Resumiendo



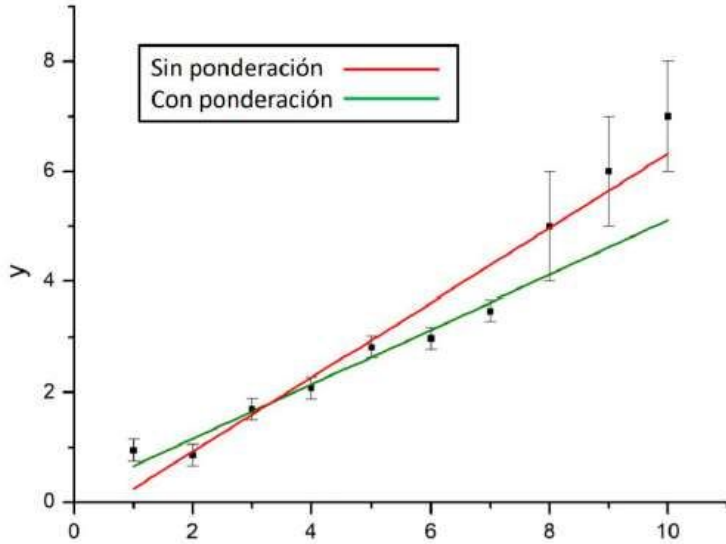
¿Cómo comparar errores?

$$\Delta x \leq \Delta y$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2 \longrightarrow \text{Ponderados}$$

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2 \longrightarrow \text{No Ponderados}$$

# Resumiendo



¿Cómo comparar errores?

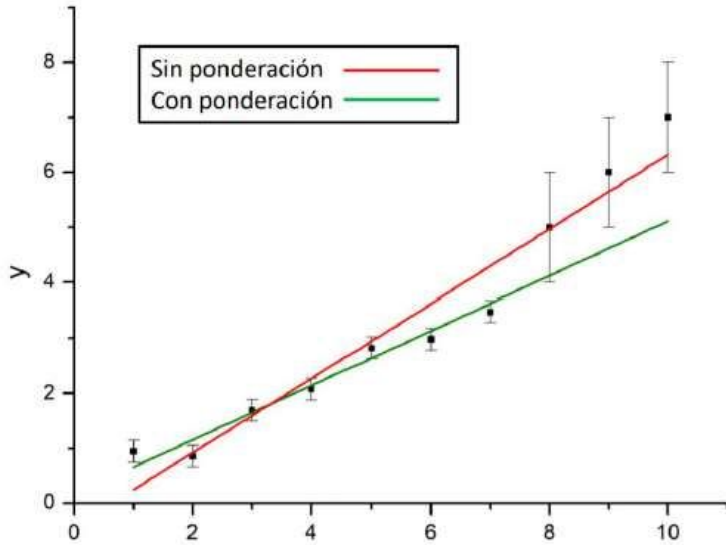
$$\Delta x \leq \Delta y$$

Pueden tener  
distinta magnitud

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2 \longrightarrow \text{Ponderados}$$

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2 \longrightarrow \text{No Ponderados}$$

# Resumiendo



$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2 \longrightarrow \text{Ponderados}$$

$$M = [y_i - (mx_i + b)]^2 \longrightarrow \text{No Ponderados}$$

¿Cómo comparar errores?

~~$\Delta x \leq \Delta y$~~

~~Pueden tener  
distinta magnitud~~

$\frac{\Delta x}{x} \leq \frac{\Delta y}{y}$

Coeficiente de Pearson

$r$

→ Medida de la dependencia lineal entre dos variables

Chi-cuadrado

$\chi^2$

→

Medida de la verosimilitud de un modelo o ajuste

Residuos

→

Distribución de los datos respecto de la recta



# Coeficiente de Pearson

Sean dos variables  $x$  e  $y$  de las cuales queremos ver la existencia de una correlación,

$$r = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y};$$

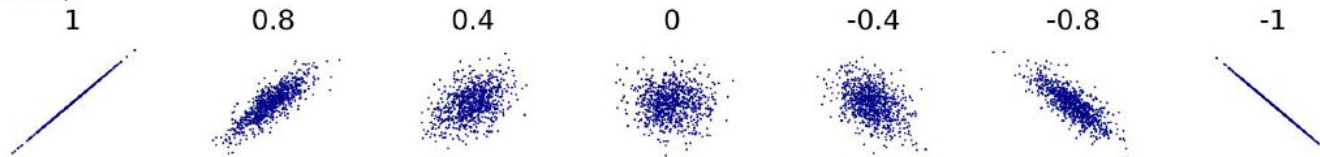
$$\left\{ \begin{array}{l} Cov(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \\ \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}} \\ \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N}} \end{array} \right.$$

Si  $x$  e  $y$  están correlacionados linealmente:

$$|r| = 1$$

Su signo va a depender de la pendiente de la recta

En origen tenemos el  $R^2$ (adj Rsquare).



# Chi-cuadrado

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_k)^2}{\sigma_i^2} \longrightarrow \chi^2 = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{(y_i - (mx_i + b))}{S_i} \right]^2 \begin{array}{l} \longrightarrow \text{Residuos} \\ \longrightarrow \text{Medida del error} \end{array}$$

Con  $O_i$  los datos observados y  $E_k$  los datos ajustados. En general, para cualquier ajuste:

En un ajuste lineal,  
ajustamos  $m$  y  $b$  y  
comparamos contra  $N-2$

$$\chi^2 \approx \nu = N - k$$

↑  
Grados de  
libertad

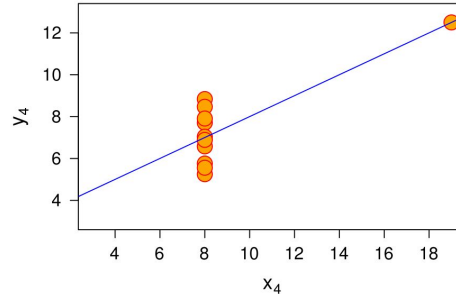
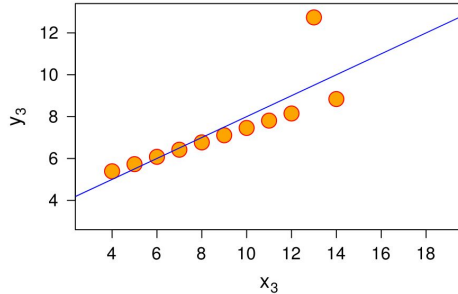
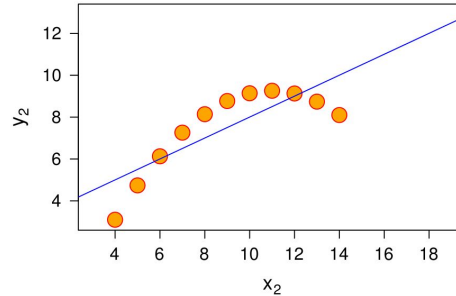
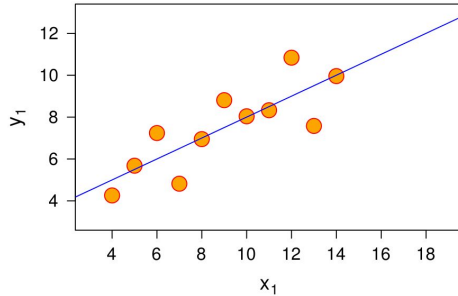
↑  
Cantidad de  
parámetros

→ Tenemos una relación  
entre las variables  
(vínculo)

# Chi-cuadrado

$$\chi_{\nu}^2 = \frac{\chi^2}{\nu} = \frac{\chi^2}{N-k} \left\{ \begin{array}{ll} \chi_{\nu}^2 \approx 1 & \text{✓} \\ \chi_{\nu}^2 \ll 1 & \text{✗} \rightarrow \text{Incertezas sobreestimadas} \\ \chi_{\nu}^2 \gg 1 & \text{✗} \end{array} \right.$$

# Cuarteto de Anscombe

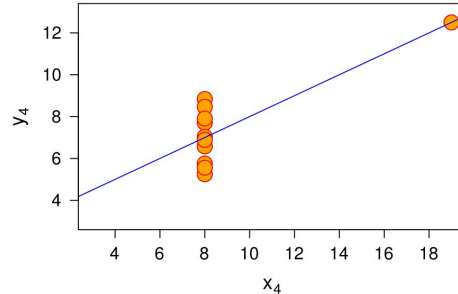
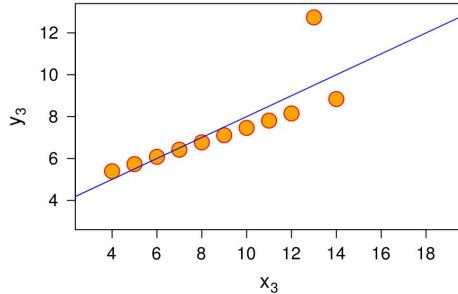
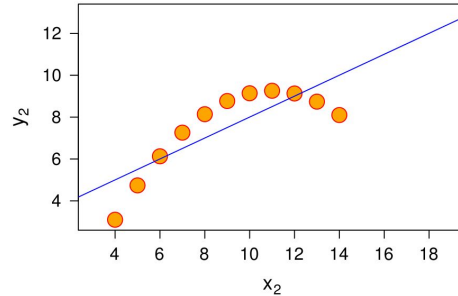
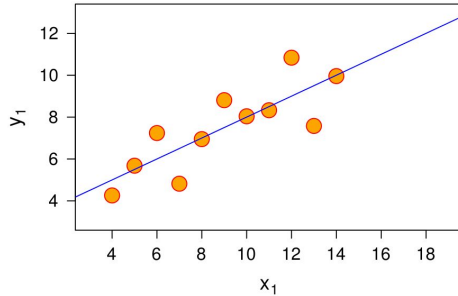


Estos cuatro gráficos poseen las mismas propiedades estadísticas,

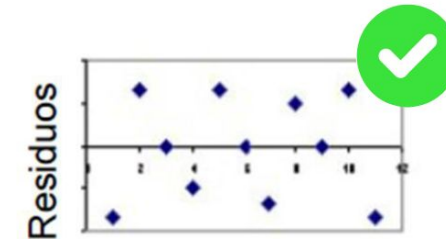
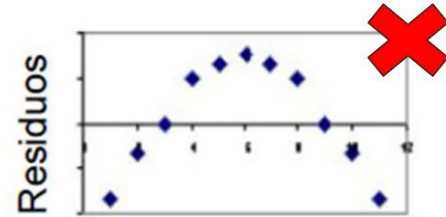
Propiedad	Valor
Media de cada una de las variables $x$	9.0
Varianza de cada una de las variables $x$	11.0
Media de cada una de las variables $y$	7.5
Varianza de cada una de las variables $y$	4.12
Correlación entre cada una de las variables $x$ e $y$	0.816
Recta de regresión	$y = 3 + 0.5x$

Adaptado de F.J. Anscombe, "Graphs in Statistical Analysis,"  
American Statistician, 27 (1973), 17-21

# Cuarteto de Anscombe

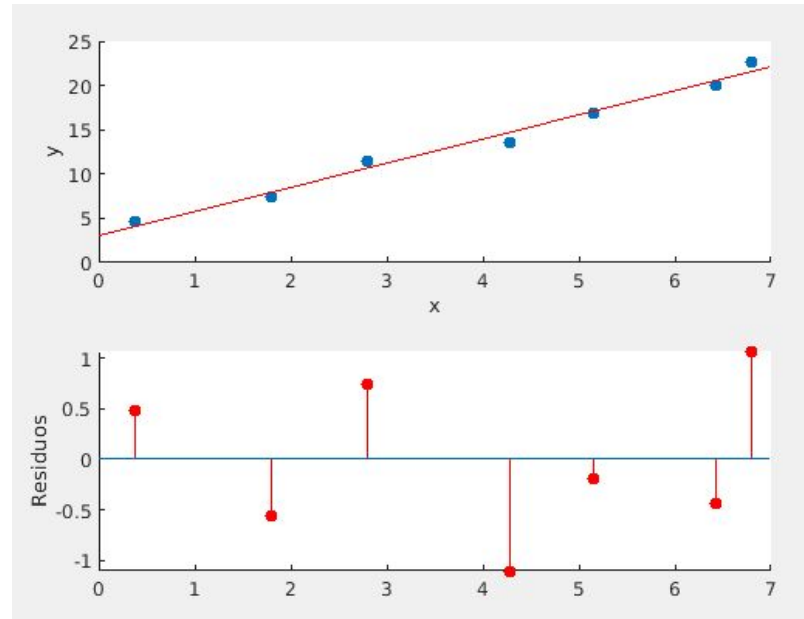


En los casos 2,3 y 4, la distribución de los datos alrededor de la recta no es normal (gaussiana). Tienen estructura (no son aleatorios los puntos).



Adaptado de F.J. Anscombe, "Graphs in Statistical Analysis," American Statistician, 27 (1973), 17-21

# Análisis de residuos. Mirar las distancias de los datos al modelo



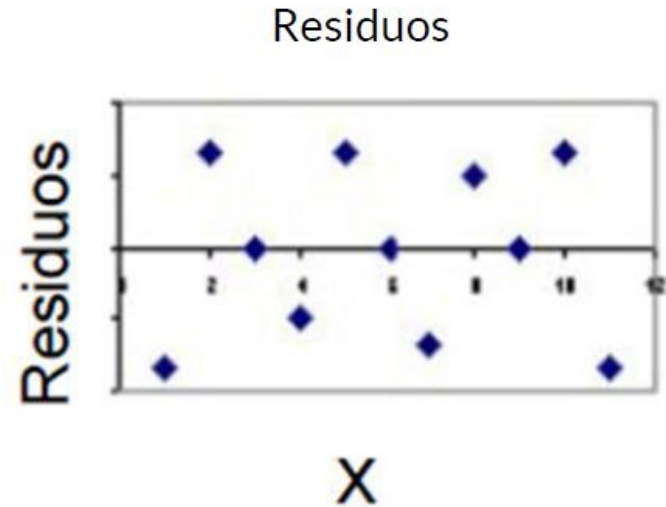
¡No tienen que tener estructura!

# ¿Qué usamos?

$$|r| \approx 1$$



$$\chi^2_\nu \approx 1$$



# Trabajo en clase



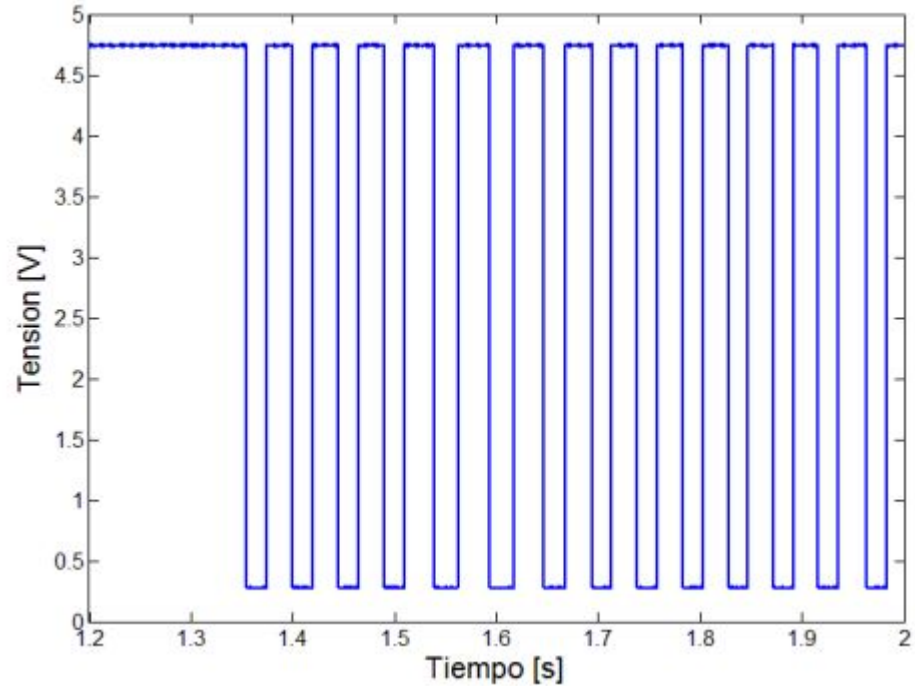
# Parte 1

# Adquisición de datos de la clase



Objetivo: conocer el periodo del péndulo

# Adquisición de datos de la clase



Objetivo: conocer el periodo del péndulo

# Análisis datos photogate

Vamos a usar un código escrito especialmente por Mauro Silberberg, docente y estudiante de doctorado del departamento de física

(código original (consultado febrero 2024):

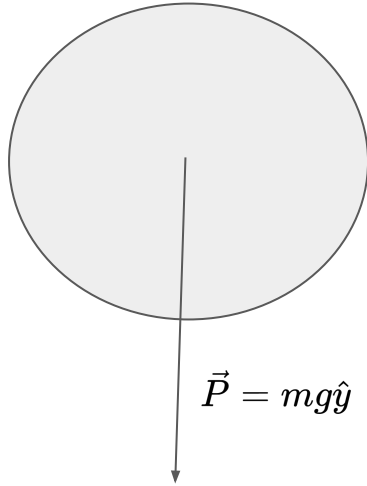
[https://maurosilber.github.io/python-tutorial/laboratorio/photogate/paso\\_a\\_paso.html](https://maurosilber.github.io/python-tutorial/laboratorio/photogate/paso_a_paso.html))

Para que se copien en colab:

<https://colab.research.google.com/drive/1oF9FwDE9DM8GUIG4W7fKOOHNHXPgkmNu?usp=sharing>

# Parte 2

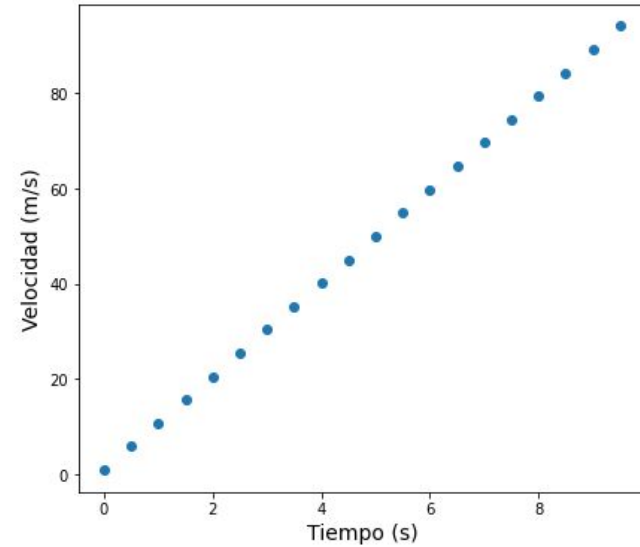
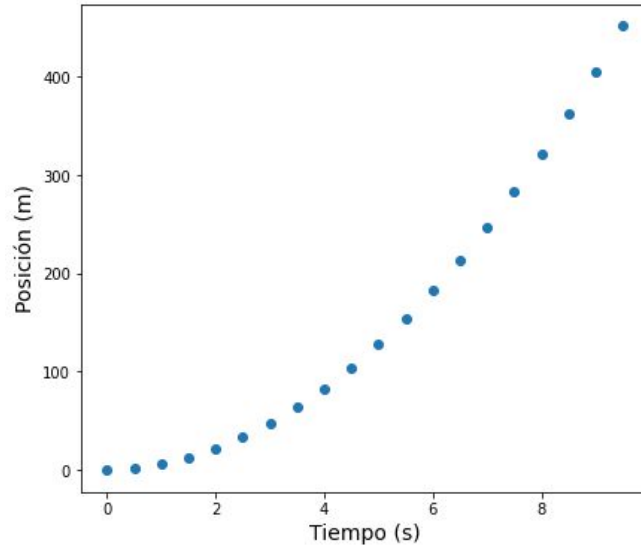
# Caída libre



$$mg = m\ddot{y}$$

$$v = v_o + gt$$

$$x = x_o + v_o t + \frac{1}{2}gt^2$$



# ¿Cómo calcular la gravedad a partir de caída libre?

Software a utilizar:

**Tracker** -> <https://physlets.org/tracker/>

## Configuraciones para el *Tracker*:

- Cortar la parte relevante del video
- Especificar referencia de longitud
- Seleccionar sistema de referencia
- Seleccionar objeto a trackear: *ctrl+shift+mouse*

