

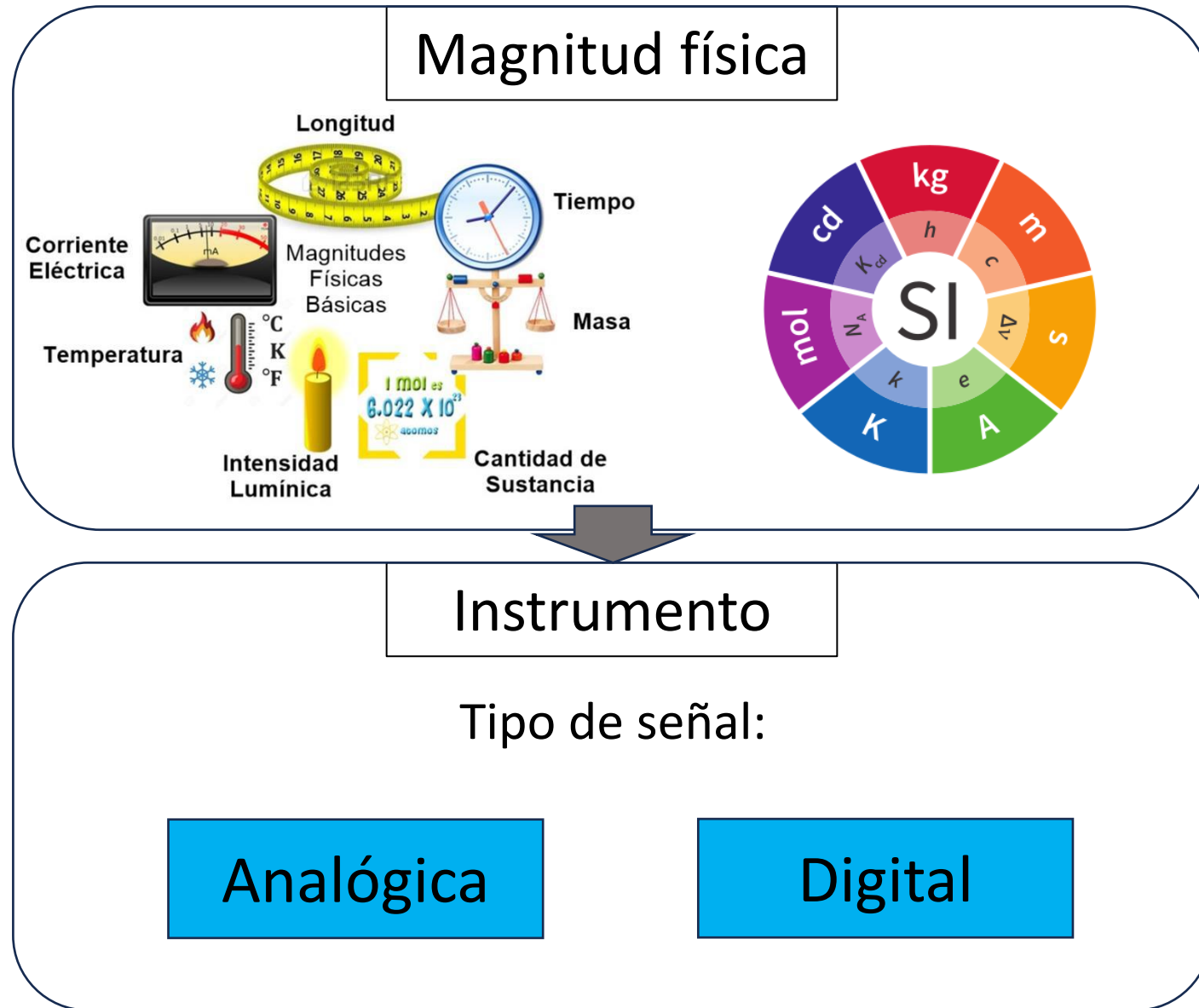
# Sistemas de adquisición de datos

Laboratorio 1B – 2do Cuatrimestre 2024

Federico Trupp

(basado en presentaciones de Maxi Murgia, Nico Torasso y Santiago Boari)

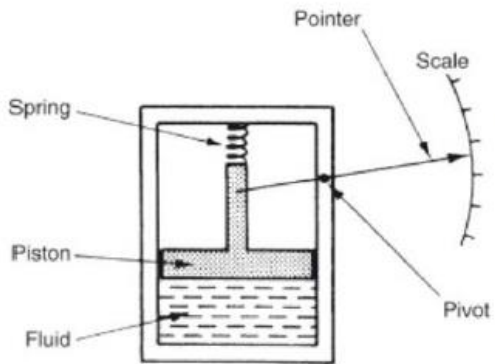
# Proceso de medición



# Instrumentos

## Analógico

Brinda una **señal continua** de la magnitud tal cual llega, mediante agujas o numeración mecánica.



Ej: dial



Ej: osciloscopio analógico

## Digital

Brinda una **señal discreta** de la magnitud física, requiriendo un proceso de conversión previo.



Fotodiodo



Sonda Hall



Termómetro



Sonar



Osciloscopio Digital



Convertor Analógico-Digital

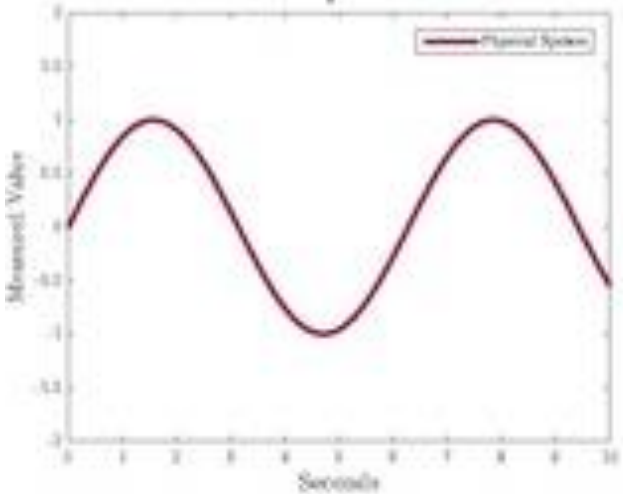


Arduino

La **adquisición de datos** o **adquisición de señales** consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otros dispositivos electrónicos (sistema digital).

**Sistema Físico**

**Sensor**



**Señal Física**

# Sensores - transductores

Un **sensor** es un instrumento que “capta” magnitudes físicas. Debe tener alguna propiedad sensible a la magnitud que se desea medir en la entrada

Un sensor **transductor**, además de captar la magnitud de entrada, transforma la energía que recibe en otra forma de energía más conveniente para ser interpretada y utilizada.



Presión sonora



Corriente  
Eléctrica



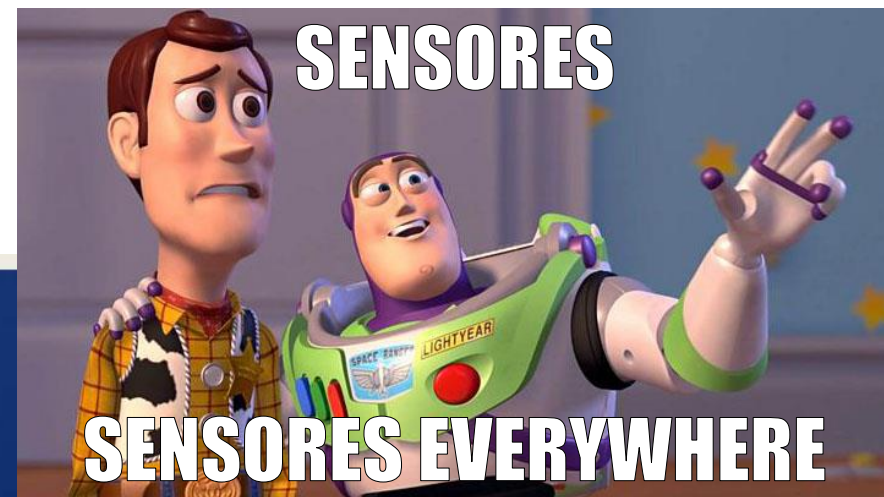
Fuerza

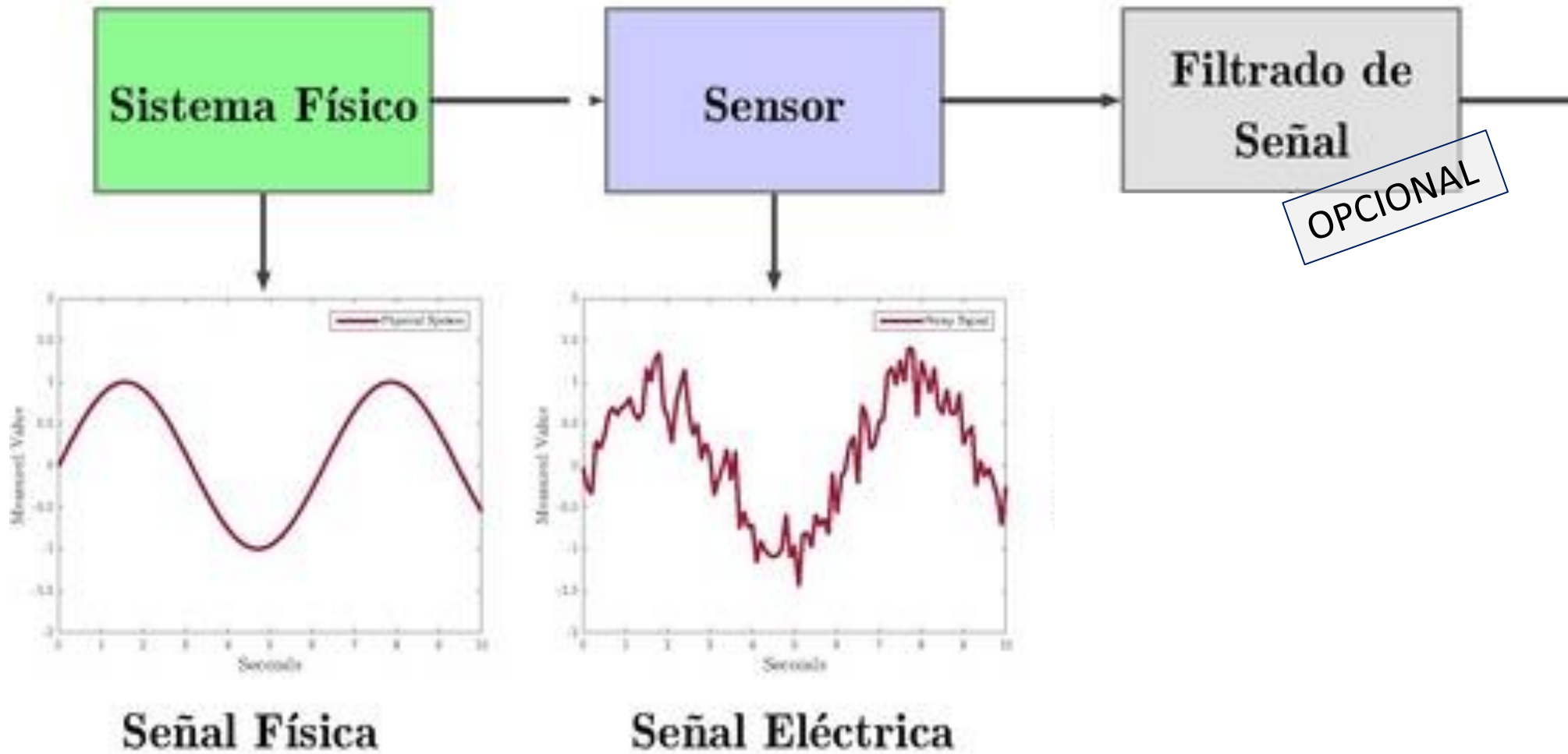


Longitud



**REQUIEREN CALIBRACIÓN**







# Acondicionamiento de la señal

Se manipula la señal del sensor para convertirla en una más adecuada para la adquisición de datos. Incluye distintos procesos, entre ellos:

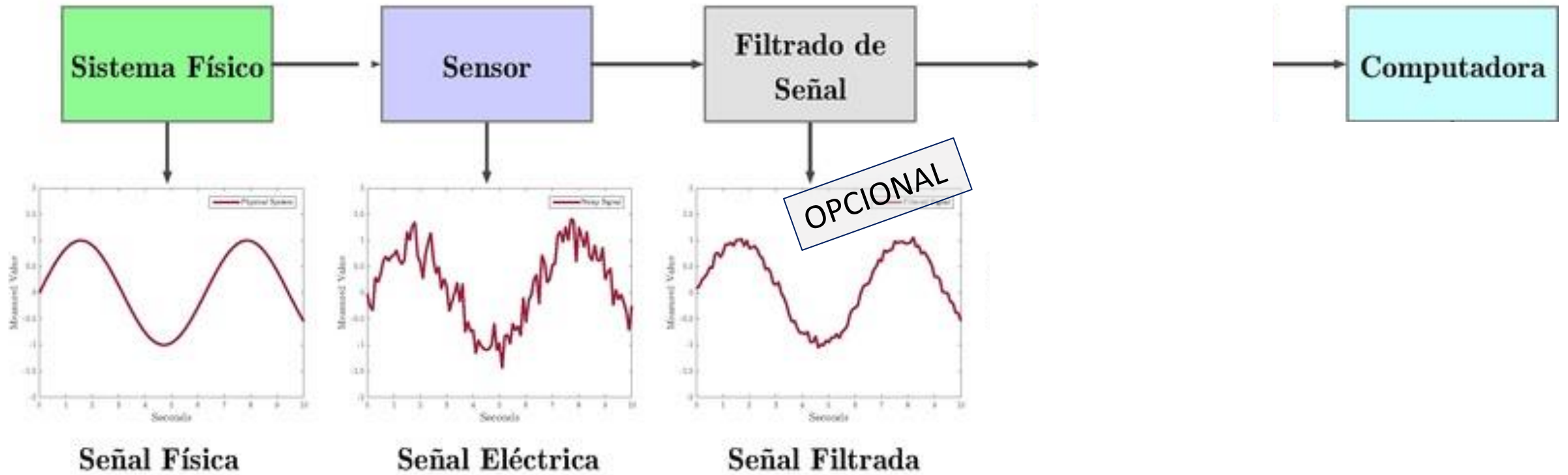
## **Amplificación**

Se amplifican señales de baja amplitud para mejorar su resolución y disminuir el ruido. El máximo de la señal de entrada debe coincidir con la máxima tensión que el convertidor pueda leer.

## **Filtrado**

Elimina las señales no deseadas (ruido) de la señal que estamos observando. Para eso se elimina la banda de frecuencia en las que se encuentran esas interferencias o ruidos.

# Sistema Digital de Adquisición de Datos



# Mundo digital

La información se guarda en **bits** (Estado binario 1 o 0).

La cantidad de bits determina la cantidad de valores discretos que puedo representar

Ejemplo

2 bits →  $\begin{cases} 00 \\ 10 \\ 01 \\ 11 \end{cases}$   $2^2 = 4$   
valores posibles

3 bits →  $\begin{cases} 000 & 100 \\ 010 & 110 \\ 001 & 101 \\ 011 & 111 \end{cases}$   $2^3 = 8$   
valores posibles

x bits →  $2^x$  números

# Digitalización de los datos

La señal **analógica** se la discretiza tanto en la magnitud de medición como en el tiempo, y se la pasa a formato **digital**. Los datos se transfieren a una computadora para su almacenamiento y análisis.

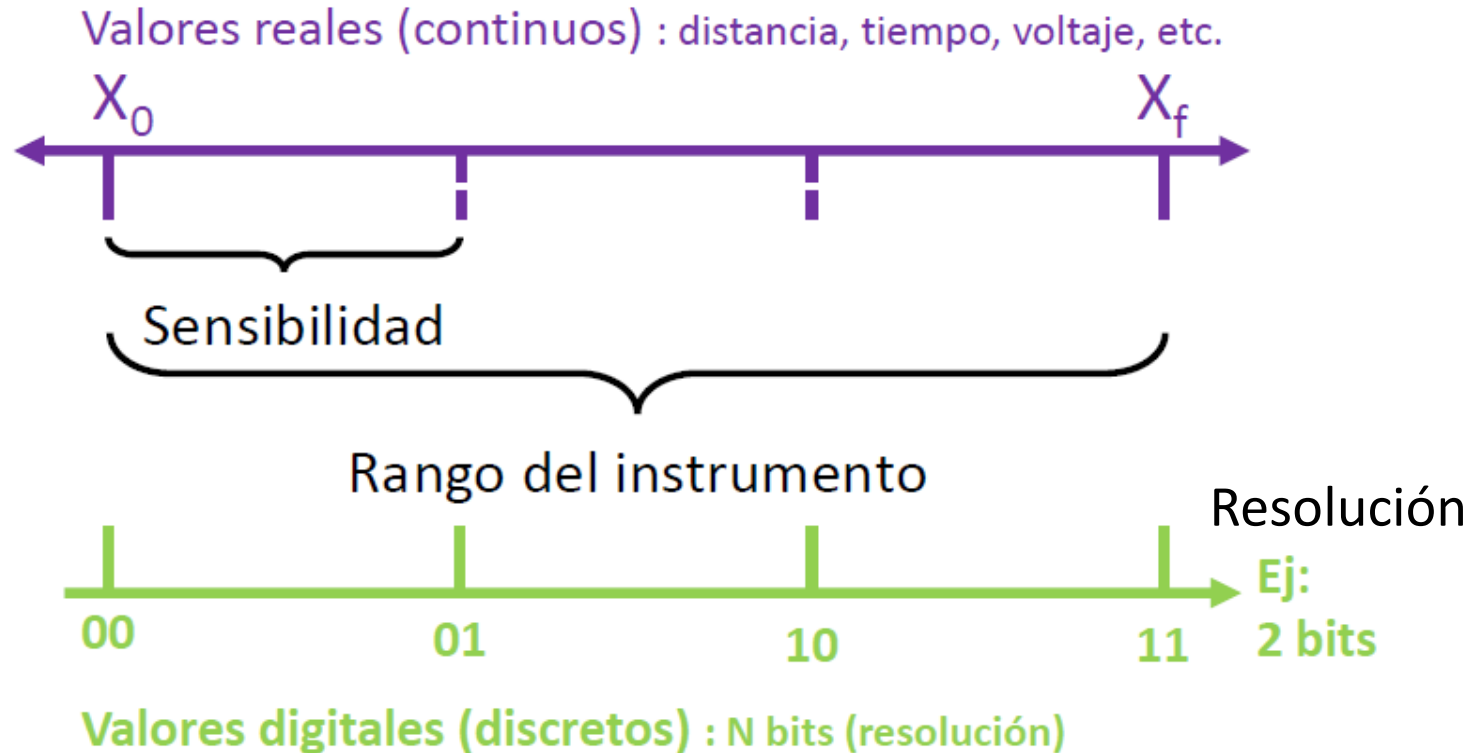
Para eso se usa un dispositivo que cumpla el rol de **convertor analógico-digital**.

La **cantidad de bits** del convertor, determina la **resolución** de la señal.

La **frecuencia de muestreo** determina la **resolución temporal** de la digitalización.

# Digitalización de los datos

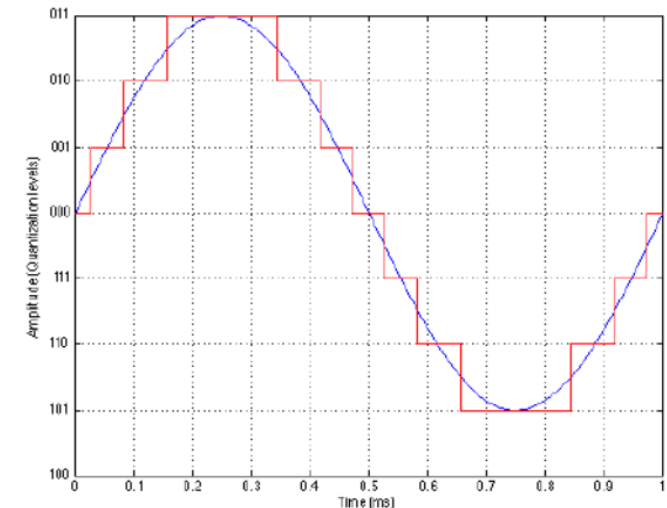
La cantidad de bits del conversor, determina la resolución de la señal.



Sensibilidad:

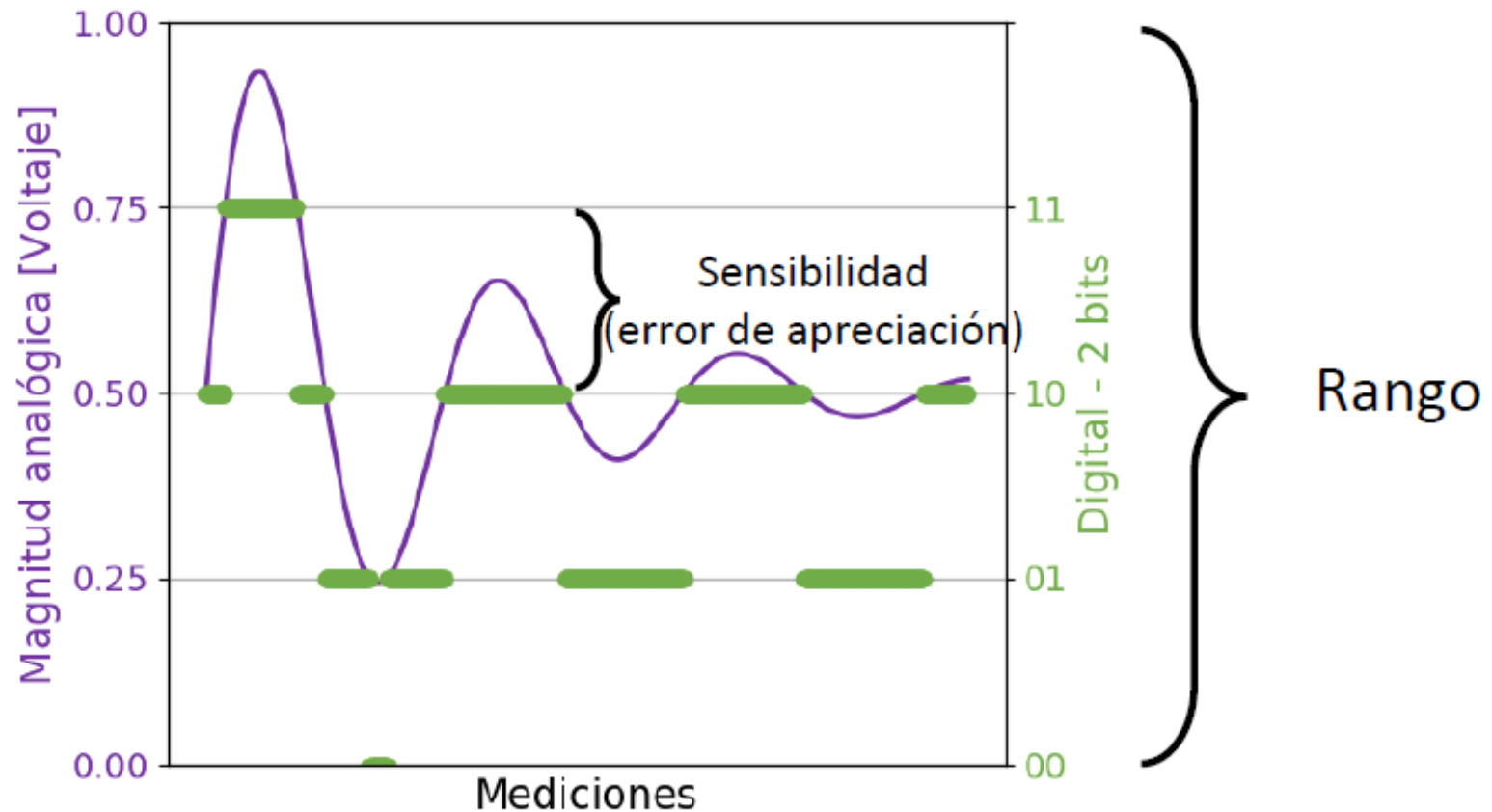
$$Sensibilidad = \frac{Rango\ operativo}{2^N}$$

N: número de bits



# Digitalización de los datos

La cantidad de bits del conversor, determina la resolución de la señal.



# Digitalización de los datos

La frecuencia de muestreo determina la resolución temporal de la digitalización.

Existe una discretización horizontal de la señal, es decir en el tiempo.

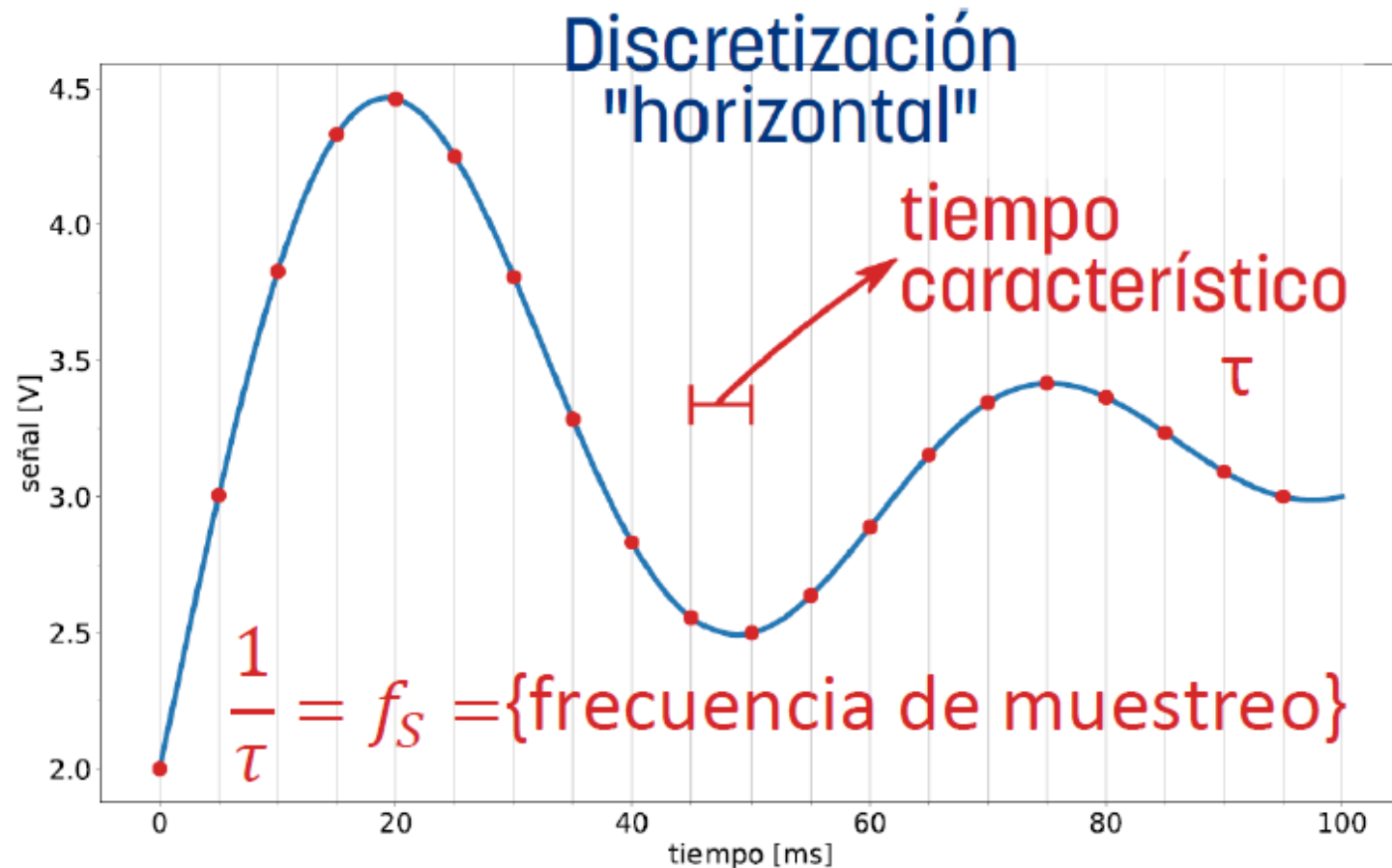
El parámetro que determina esa discretización se denomina **frecuencia de muestreo** ( $f_s$ ): “Cuántos datos adquiero en 1 segundo”. Cuanto más alta la frecuencia de muestro, mayor resolución temporal, pero a la vez más datos que adquirir y almacenar.

El tiempo entre dos datos consecutivos se denomina **tiempo o período de muestreo** ( $\tau$ ), y también es una medida de la resolución temporal. Cuanto más pequeño, mayor resolución.

$$\tau = \frac{1}{f_s}$$

# Digitalización de los datos

La frecuencia de muestreo determina la resolución temporal de la digitalización.





# Digitalización de los datos

La frecuencia de muestreo determina la resolución temporal de la digitalización.

Frecuencia de muestreo [Samples / second]



Persona

1 S / s



Arduino

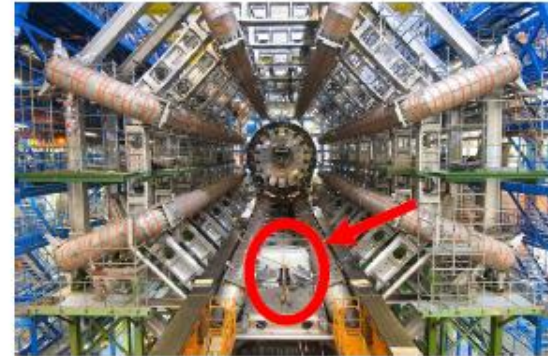
Arduino  
Uno

10 kS / s



App  
Phyphox  
Audio

48 kS / s

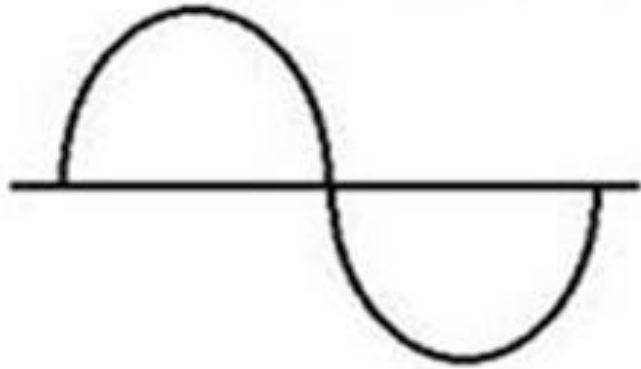


Detector de partículas  
ATLAS en el CERN

1 petabyte / s  
(1024 terabytes)

# Frecuencia de muestreo y resolución temporal

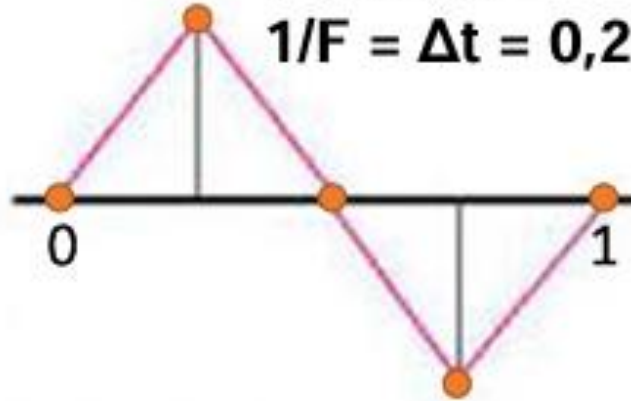
Función Teórica



A

$F = 4 \text{ Hz}$

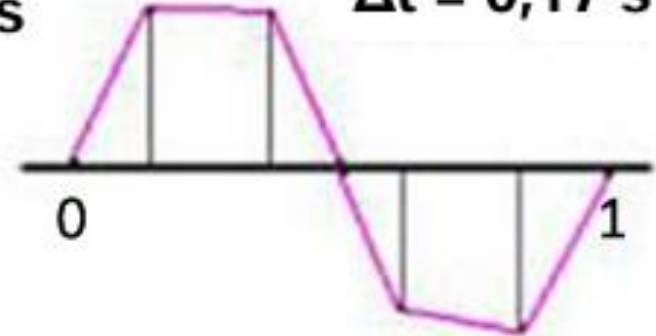
$1/F = \Delta t = 0,25 \text{ s}$



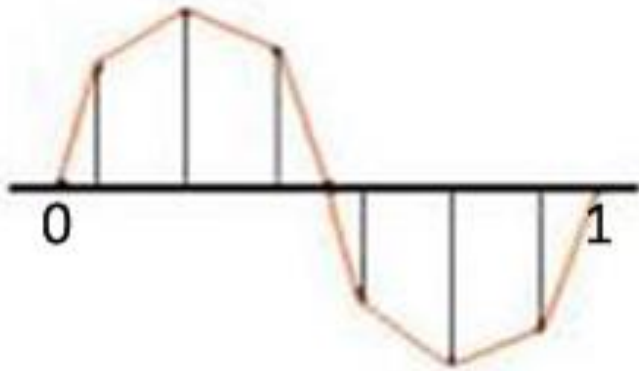
B

$F = 6 \text{ Hz}$

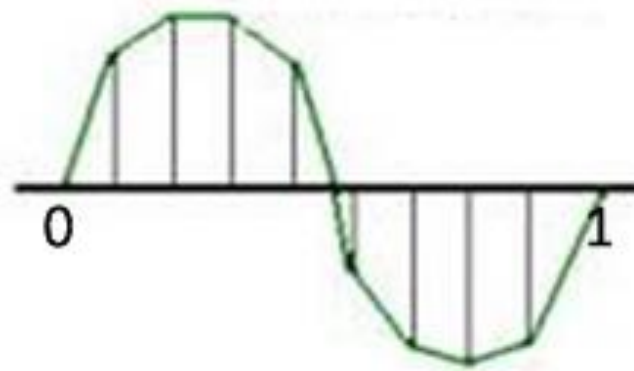
$\Delta t = 0,17 \text{ s}$



C



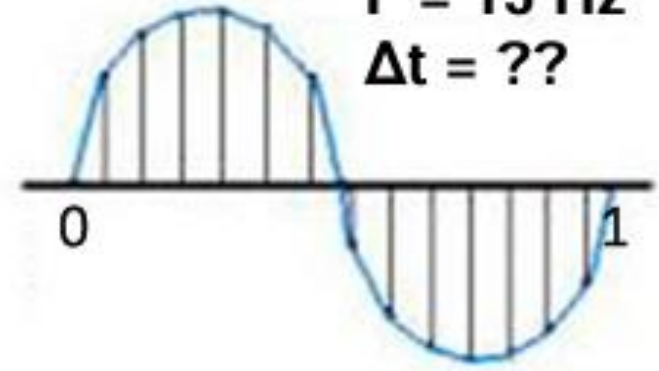
D



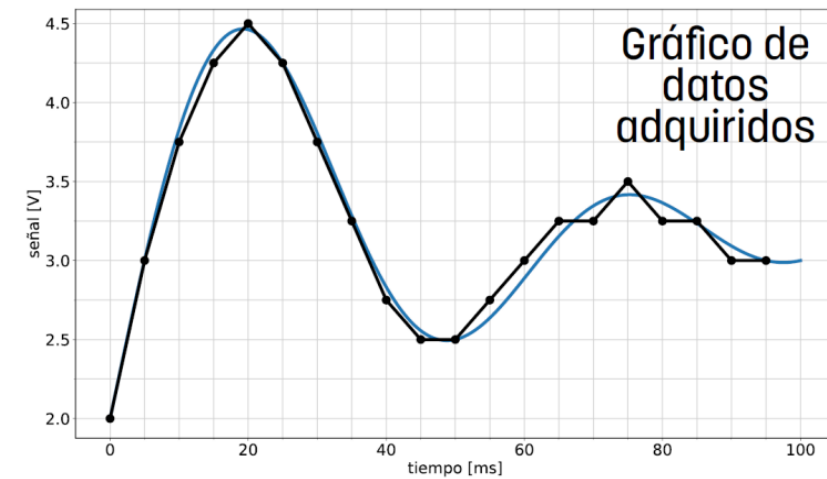
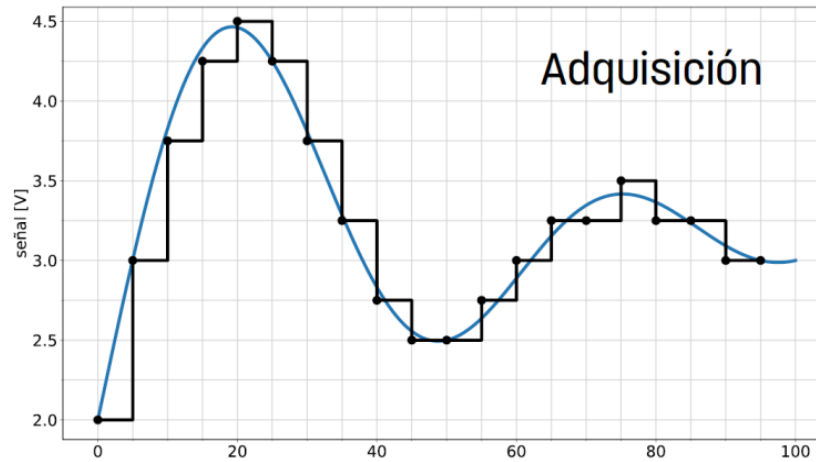
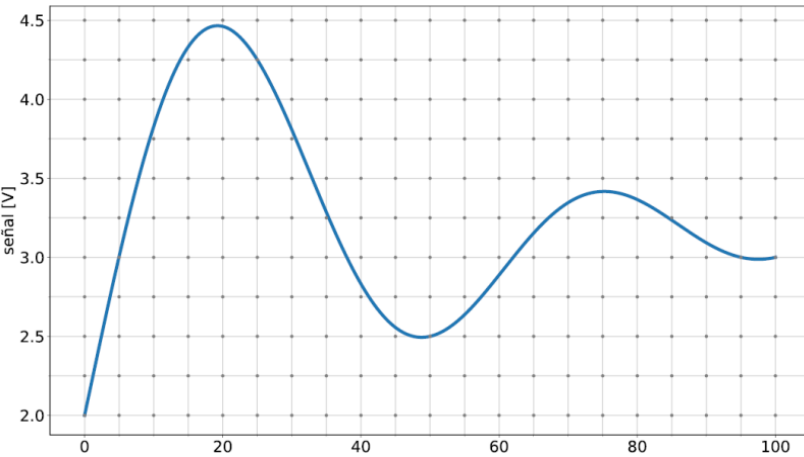
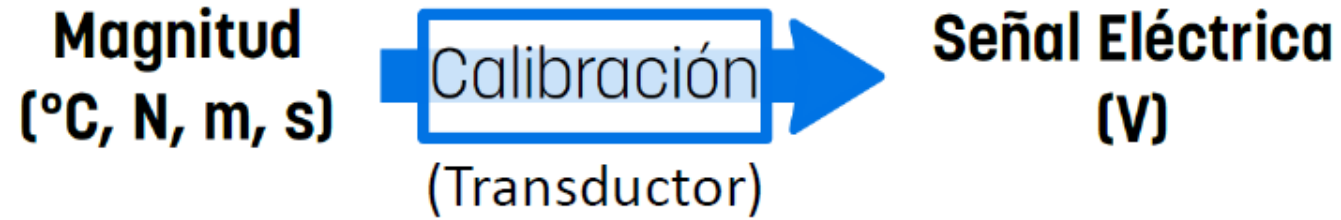
E

$F = 15 \text{ Hz}$

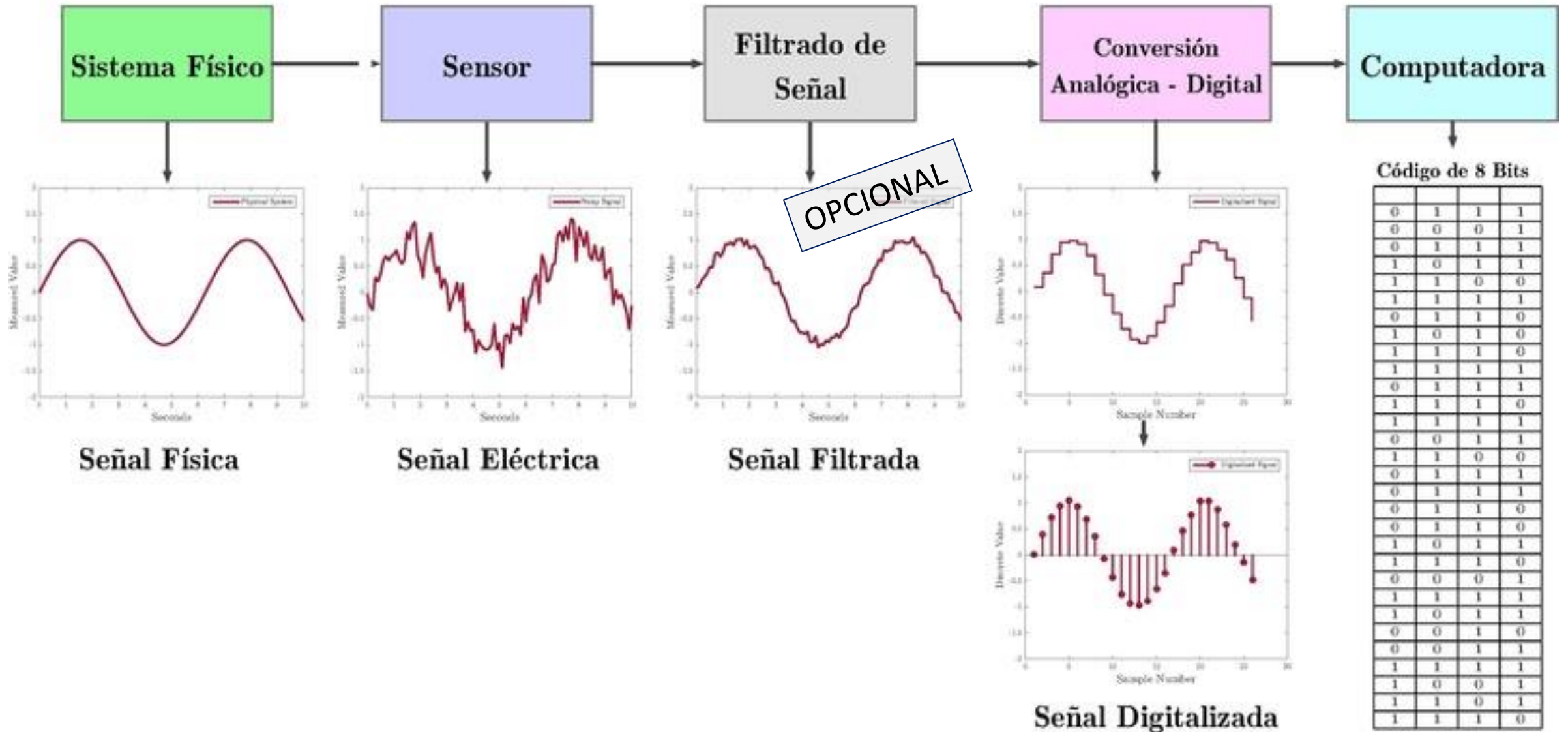
$\Delta t = ??$



# Resumen digitalización de los datos



# Sistema Digital de Adquisición de Datos



**Código de 8 Bits**

0	1	1	1
0	0	0	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
1	1	1	0
1	1	1	1
0	0	1	1
1	1	0	0
0	1	1	1
0	1	1	1
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	1	0
0	0	0	1
1	1	1	1
1	0	0	1
1	1	0	1
1	1	1	0

# El conversor A/D en el laboratorio



- Resolución (tensión):  
13 bits
- Frecuencia de  
muestreo máxima:  
48000 Hz
- 3 canales  
analógicos, 1 digital



# Adquisición de datos

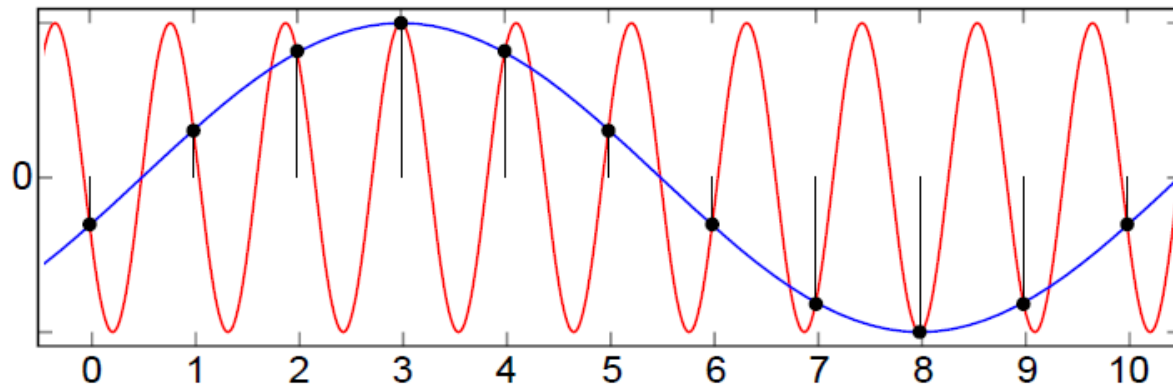
## Limitaciones

### Aliasing

### Teorema de Nyquist

“Para reconstruir adecuadamente una señal, se debe emplear una frecuencia de muestreo tal que sea, como mínimo, el doble de la frecuencia de la señal”

- Si mi frecuencia de muestreo es baja, aliasing.

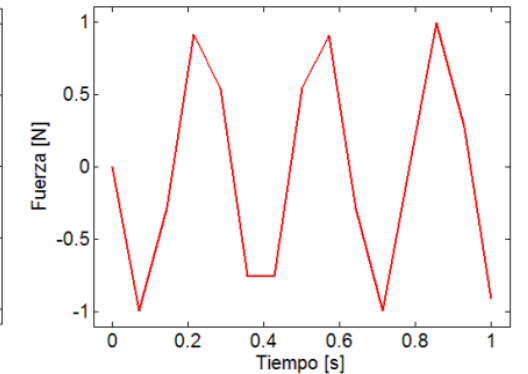
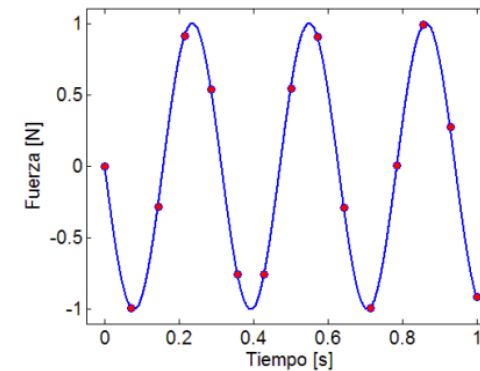
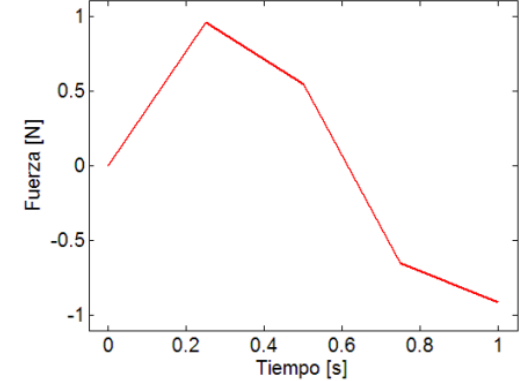
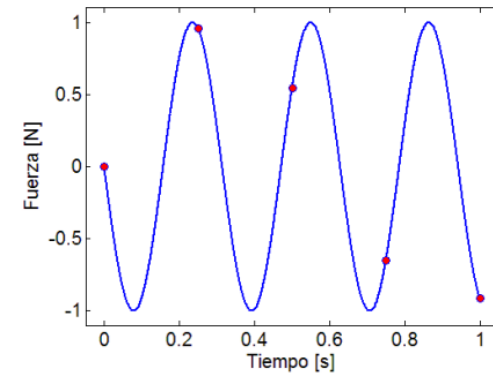


- Para evitarlo: criterio de Nyquist.

En general el criterio es usar una  $f_s$  que nos permita ver bien nuestra señal.

$$f_s \geq 2f_{max}$$

del fenómeno estudiado

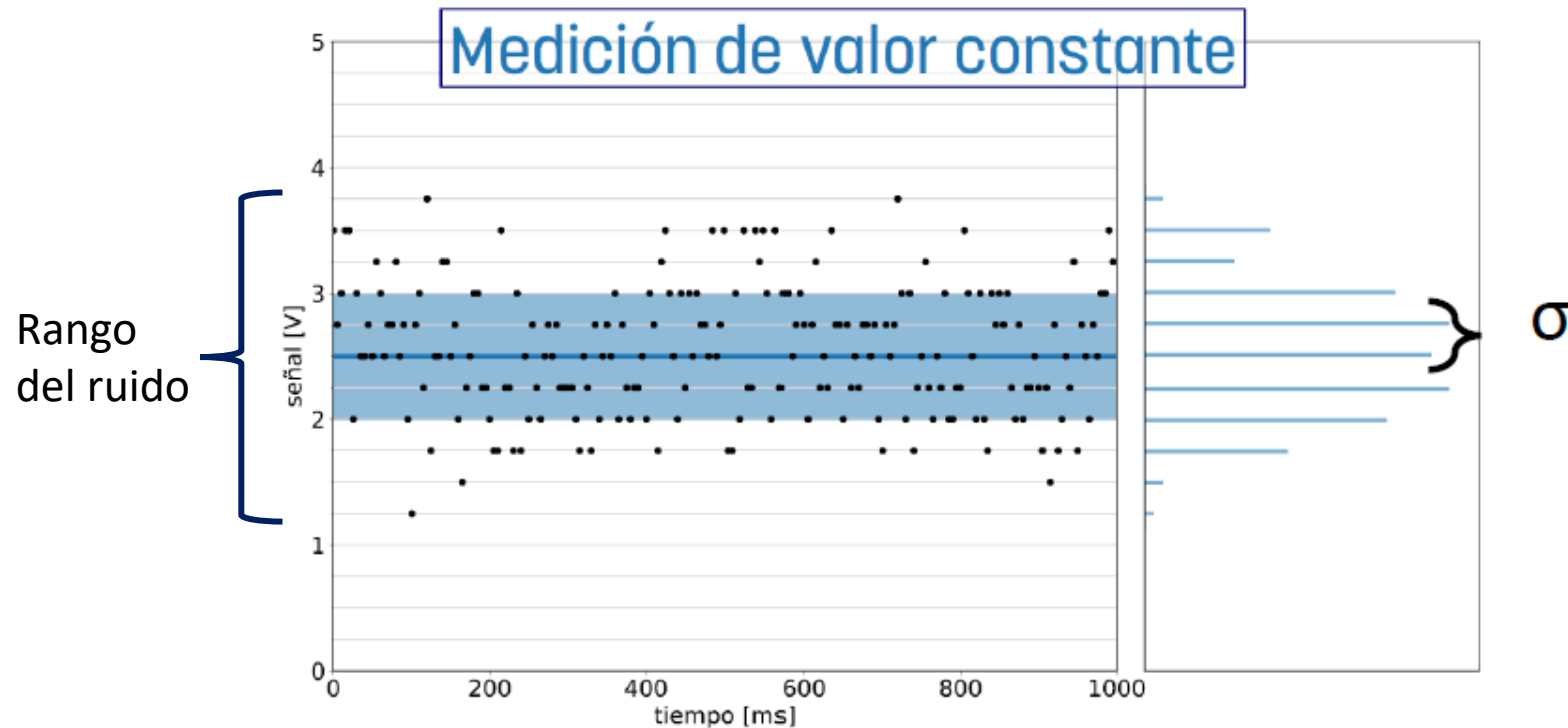


# Adquisición de datos

## Limitaciones

Ruido

La incerteza no siempre está determinada por la sensibilidad unívocamente





# Resumen - Machete

Una señal **analógica** (continua) de una magnitud física se convierte en una señal eléctrica y mediante un dispositivo se convierte en una señal **digital** (discreta)

La cantidad de bits (estado binario 1 o 0) del conversor, determina la resolución de la señal. Se define **sensibilidad** como: 
$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{Rango operativo}}{2^N}$$

La **frecuencia de muestreo** ( $f_s$ ) se define como la cantidad de datos que se adquieren por segundo y su unidad son los Hz (1/s). Determina la resolución temporal de la digitalización. El período de muestreo se calcula como la inversa de la frecuencia de muestreo y determina el intervalo de tiempo entre datos consecutivos:  $\tau = \frac{1}{f_s}$ . En señales oscilatorias, baja  $f_s$  genera aliasing. Muy alta  $f_s$  genera exceso de datos y destaca el ruido. Criterio de Nyquist:  $f_s > 2f_{\text{máxima del fenómeno medido}}$

Pasos necesarios para adquirir datos digitalmente:

- Determinar **rango** y **resolución** del sensor. **Calibrar el transductor.**
- Determinar **sensibilidad** de la placa de adquisición (conversor A/D).
- Elegir adecuadamente la **frecuencia de muestreo**. Determinar error temporal.
- Asegurarse de que no se produzca aliasing ni saturación.
- Estimar el error de la magnitud medida estudiando el ruido de la señal.

# Sensores utilizados en Labo 1

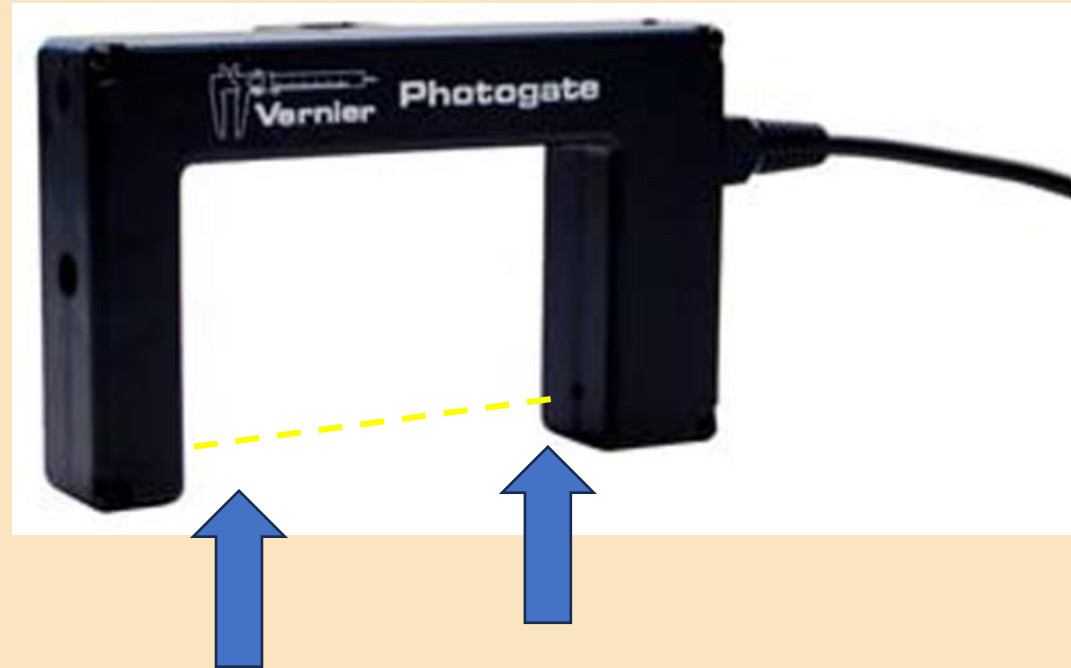
## Photogate

- Determina si algo está obstruyendo o no el camino del sensor.

- **Cómo funciona:** emite un pulso infrarrojo y del otro lado tiene un detector de IR. Si lo detecta emite una señal continua cercana a los 5V, si no lo detecta porque se obstruye el paso del haz, la tensión baja a un valor cercano a cero.

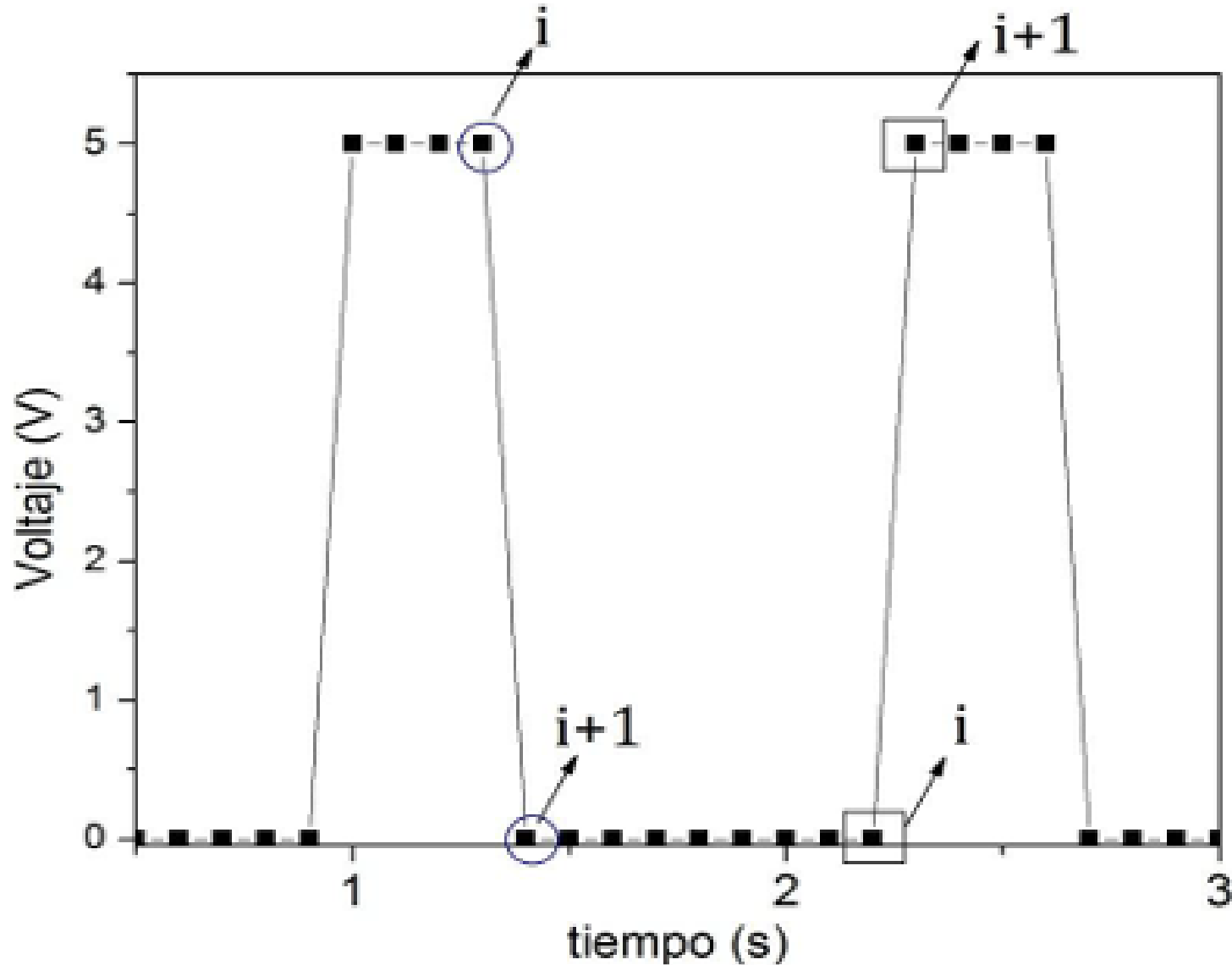
- Su señal de salida es **analógica**.

- Obtenemos entonces señales en forma de escalón, según si está obturado o no. La idea es no obtener puntos intermedios, y para eso hay que asegurarse de que la frecuencia de muestreo sea tal que nunca vemos los momentos de semi-obtención del haz



Salida del haz y  
detector IR

# Photogate



- En este caso, la salida que interesa son los tiempos en los que ocurre el evento, y no el valor de voltaje de salida.
- Ver documento sobre cómo calcular velocidades a partir de estas señales.

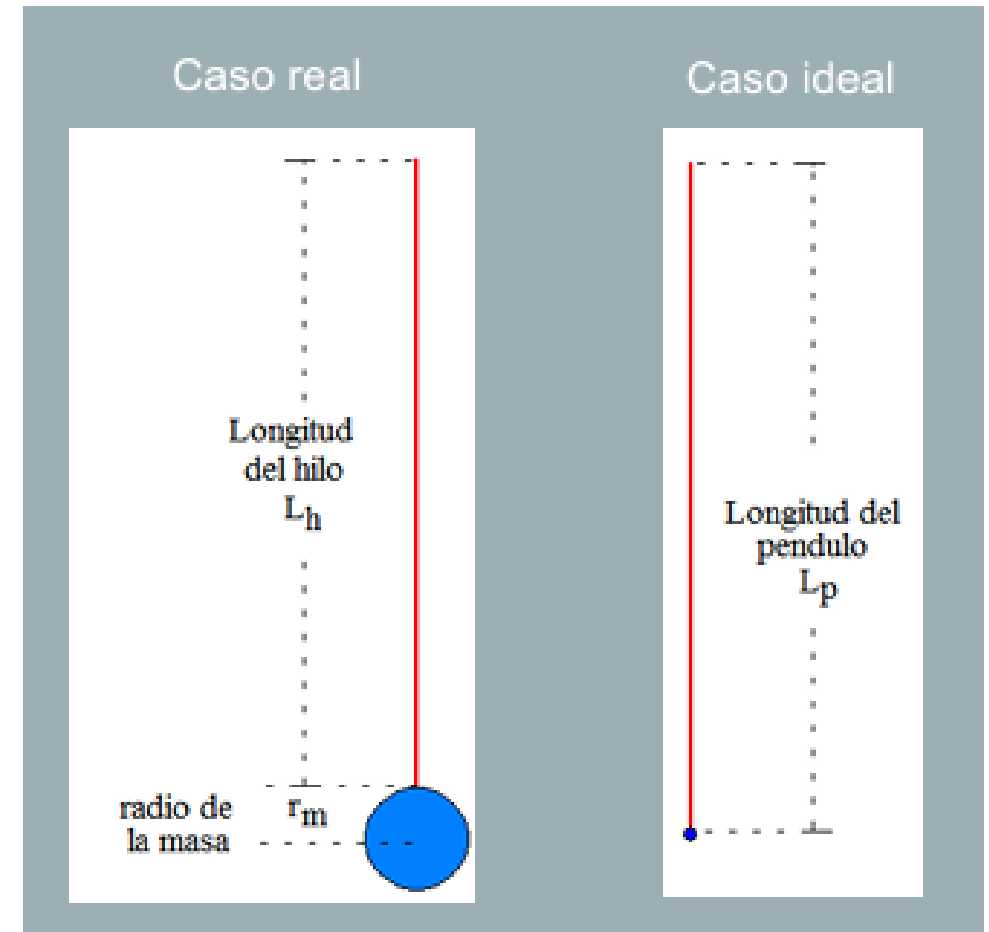
# Actividad de la clase de hoy

## PRÁCTICA 3: determinación de g a partir de la medición del período de un péndulo

Aproximación de pequeñas oscilaciones ( $\theta < 10^\circ$ ):

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

¿Cómo obtenemos g?



Tomar L hasta el centro de masa!

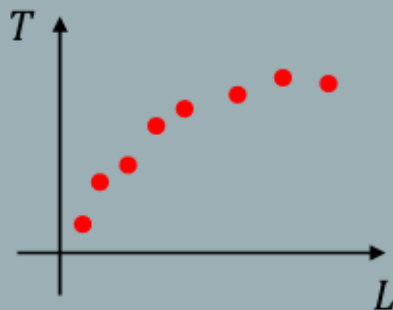
# Propuesta: ver la relación entre dos variables y graficar

PÉNDULO: ¿Cómo varía  $T$  a medida que varía  $L$ ?

Modelo no lineal

Modelos lineales:  $y = mx + b$

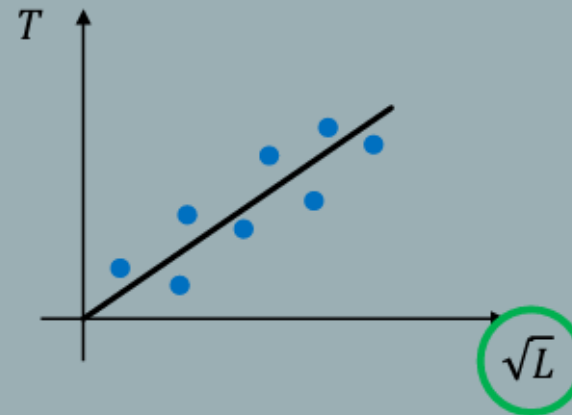
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$



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

$$T = A \sqrt{L}$$

siendo  $A = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$

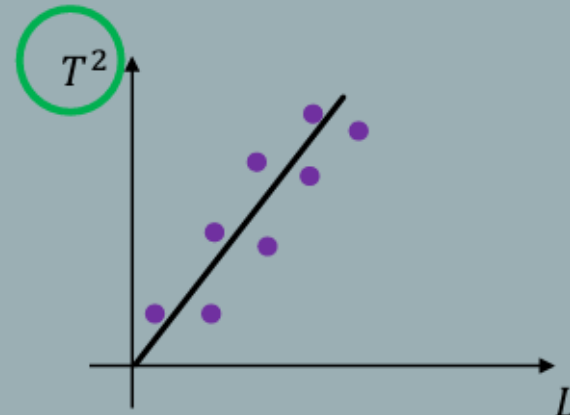


$$u = \sqrt{L}$$

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

$$T^2 = B L$$

siendo  $B = \frac{4\pi^2}{g}$



$$v = T^2$$

# Experimento: medir el período del péndulo para $\neq L$

- Medir para 10 longitudes distintas (a partir de los 30 cm).
- Variar en un rango lo más amplio posible y en valores aproximadamente equidistantes.

## Material Adicional

1. Guía rápida sobre MotionDAQ
2. Información sobre el sensor Photogate
3. Apunte para uso del photogate y el motion DAQ
4. Apunte para calcular el período del péndulo a partir de mediciones con fotosensor. Instructivo para Origin