

# **Plano inclinado y sensor de posición**

**2do Cuatrimestre 2024**

**Laboratorio 1: martes 14 – 20 hs**

**Lucía Famá, Mónica Agüero, Marcos Wappner,  
Franco Eskinazi, Román Schiaffino**

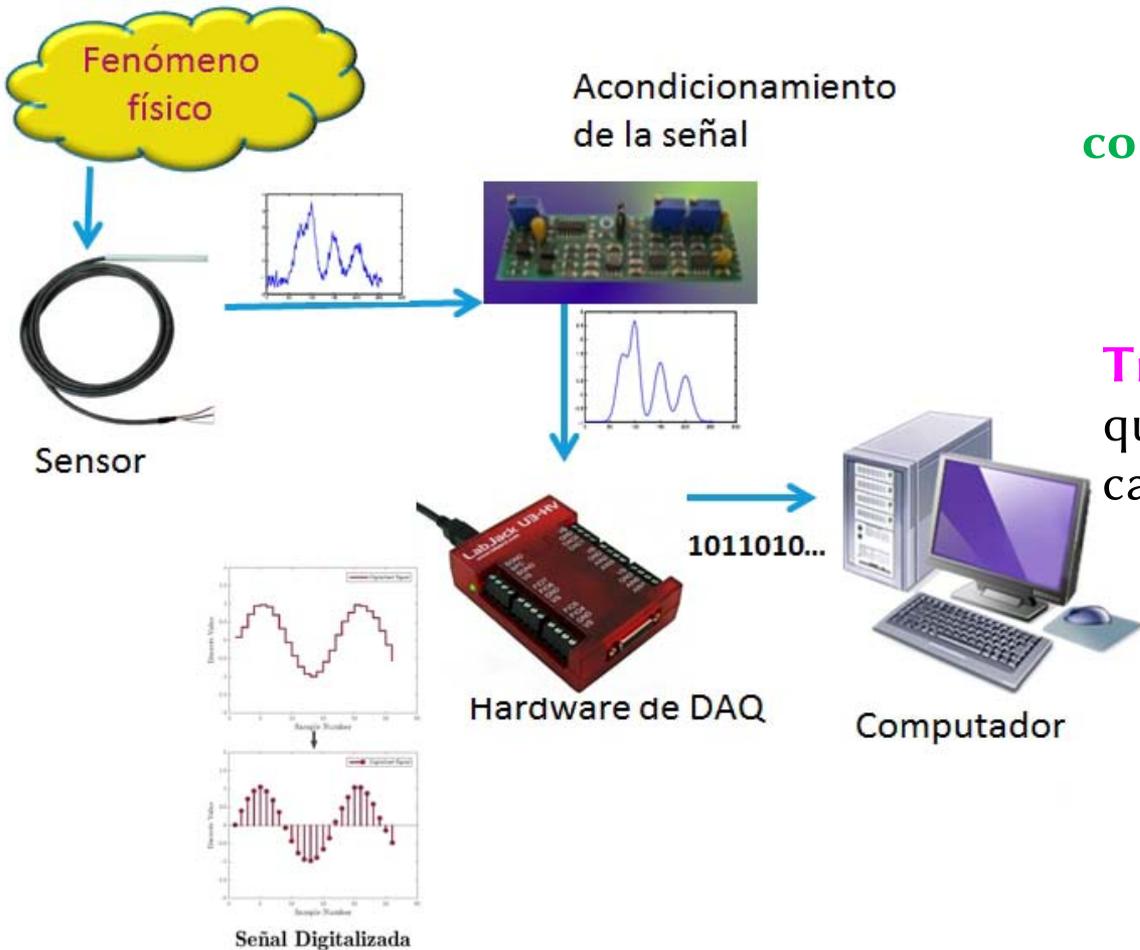
## Repaso: Adquisición de datos →

transformo fenómenos físicos del mundo real en señales eléctricas.



Convertidas a formato digital  
**conversor analógico-digital: CAD**

**Transductor:** elemento de sensado que responde directamente a la cantidad física a ser medida.



Hardware-software para la adquisición de datos: señal analógica medida se convierte a formato digital (usando un CAD) y los datos luego son transferidos a una computadora (mediante un software) para su almacenamiento y análisis.

# Instrumentación →

Potencia  
lumínica

Campo  
magnético

Fuerza

Temperatura

Distancia



Fotodiodo



Sonda Hall



Termómetro



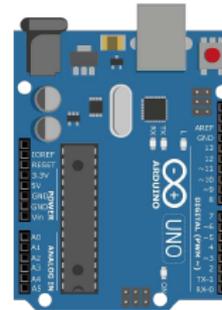
Sonar



Osciloscopio



Convertor  
Analógico-Digital



Arduino

**Magnitud  
Física**

°C, N, m, s

**Transductor**

Volts

**Adquisición**

bits

(Clase de laboratorio de física 1 para química 1er cuatri 2020, Cátedra Pickholz)

**Conversor analógico-digital (CAD)** → capaz de convertir una señal analógica de voltaje en una señal digital con un valor binario.

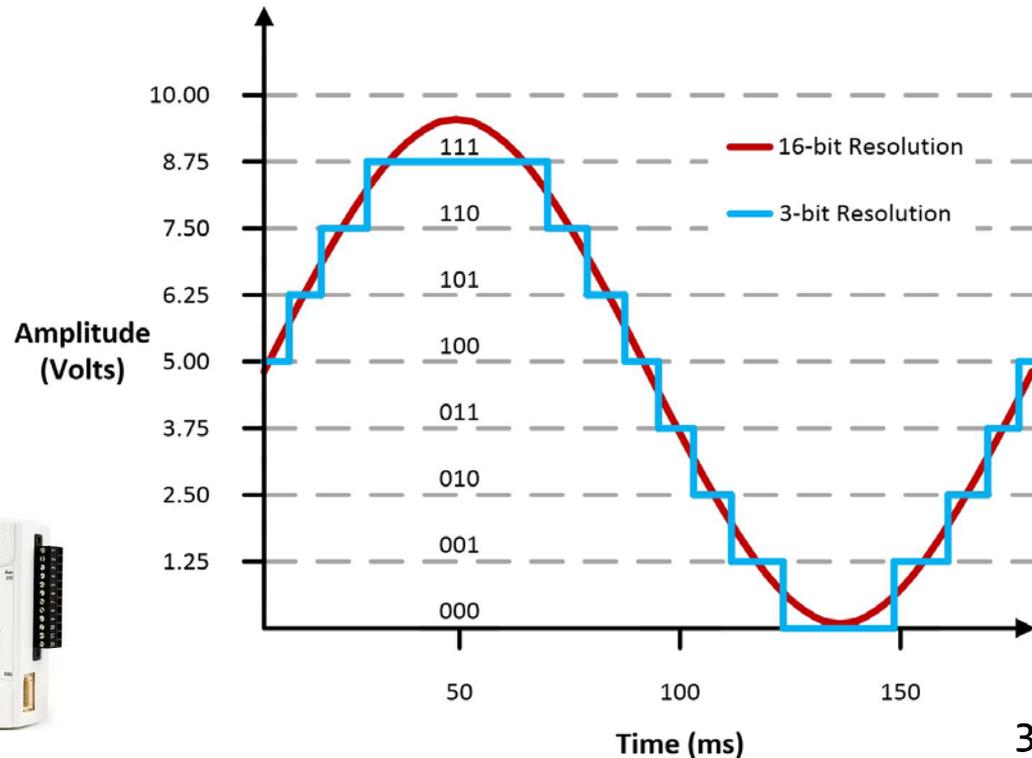
✓ **Rango operativo:** niveles máximo y mínimo entre los que debe estar la señal de entrada (señal analógica) para que el CAD la pueda digitalizar. Muchos dispositivos tienen rango seleccionable (por ej. 0 a 10 V o de -10 a 10 V).

✓ **Resolución:** nro de bits que el CAD emplea para digitalizar la señal analógica (define el número de niveles en el cual se puede dividir el rango para aproximar la señal de entrada). El número de niveles viene dado por  $2^n$ , siendo  $n$  número de bits del conversor.

Resolución 3 bits ( $2^3 = 8$  divisiones) → no es una buena representación de la señal analógica original (en la conversión se pierde mucha información).

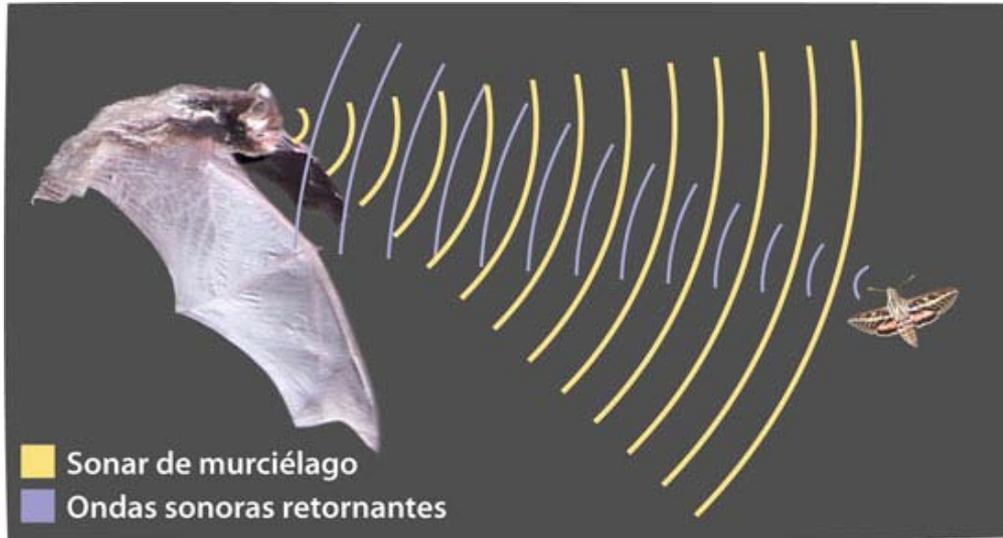
Resolución 16 bit ( $2^{16} = 65.536$  divisiones) → representación mucho más precisa.

**Vernier Sensor DAQ:** placa de adquisición de datos (con conexión USB) de 13 bits.



# Sensor de movimiento

- Sensores de ultrasonido → utilizados para medidas de posición.



Eco localización (SONAR)

- Sensores de ultrasonidos de bajo costo → mismo transductor se utiliza como emisor y receptor.

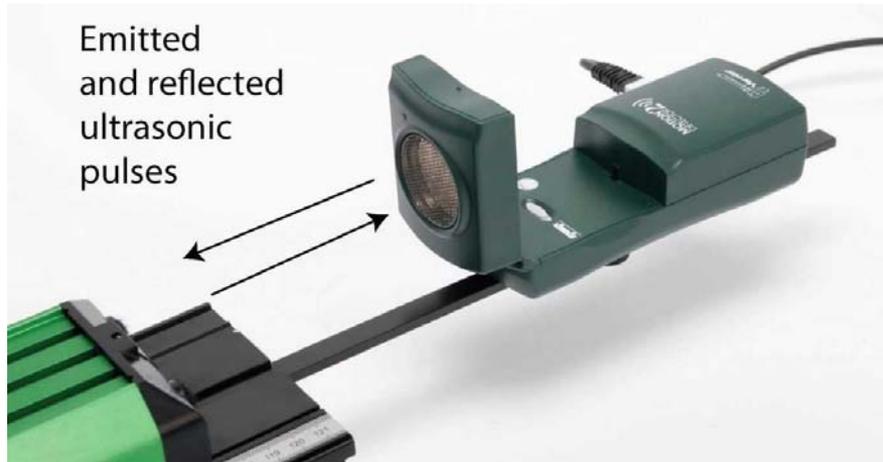
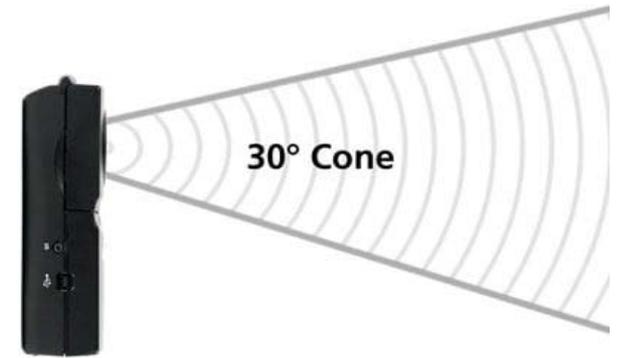
**Características Motion Detector (Vernier):** ver manual

- $f_m = 60$  Hz (máxima)
- Resolución (dato del manual): 1mm
- Respuesta lineal
- Canal DIG del sensorDAQ
- Rango: 0.15 m - 6 m (medición de la posición de un objeto)

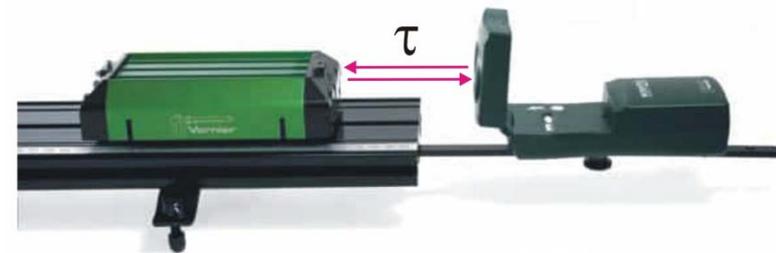


## ¿Cómo trabaja el sensor?

1- Transductor (delgada lámina de oro) → emite ondas de ultrasonido (49.4 kHz) en un cono de  $\approx 30^\circ$ . Estas ondas viajan a una velocidad  $v_{sonido} = 343$  m/s.



2- Las ondas de ultrasonido chocan con algún objeto y rebotan. Transductor → recibe el eco producido por el obstáculo (“escucha” el eco de ultrasonido).

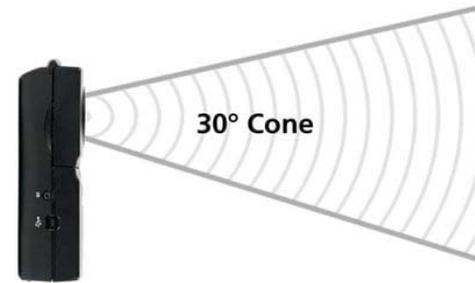


3- ¿Cómo mide distancia? → Mide el tiempo entre la emisión del sonido y la recepción del eco, y, utilizando la velocidad  $v_{sonido}$  en el aire, calcula la distancia  $D$ .

$$D = v_{sonido} \frac{\tau}{2}$$

## Precauciones y calibración del sensor

- ¿Cómo me doy cuenta si el sensor está funcionando? → Sensor emite un pulso de la zona audible.
- Verificar que la señal no se refleje en el riel.
- Evitar objetos dentro del cono de ultrasonido. Esto puede afectar la medición
- Asegurarse de medir dentro del rango de trabajo del sensor (0,15 m a 6 m).



### Calibración el sensor:

Para que el sensor arroje una posición en metros lo tenemos que calibrar.

Respuesta del sensor: lineal  $\Rightarrow$  necesito 2 distancias para la calibración:

$$Distancia = K0 + K1.tiempo$$

$$K0, K1 = ctes$$

D1 y D2: distancias conocidas

t1 y t2: lecturas de tiempo.

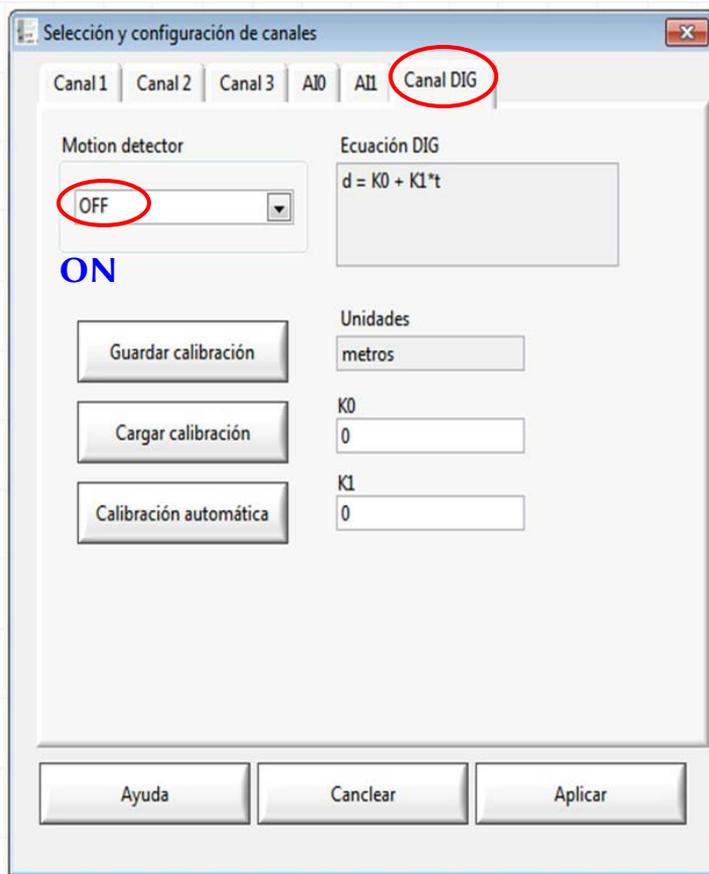
- Chequear calibración.

Distancia	Tiempo
D1	t1
D2	t2

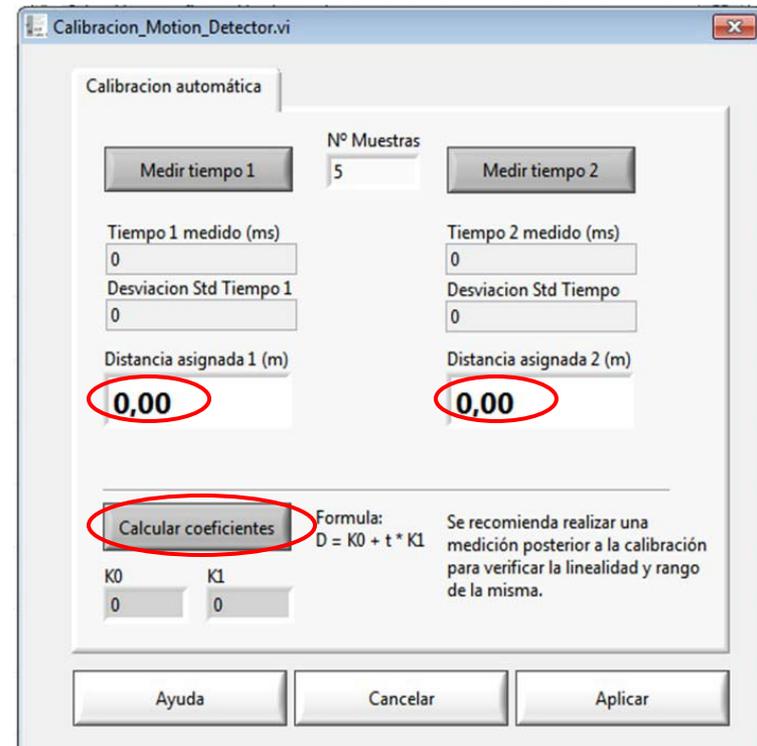
➔ Determino  $K0$  y  $K1$

**Obs 1:** No conozco la ubicación de la lámina de oro. Cuando mido D1 y D2, considerar mismo "origen".

# Calibración del sensor de posición



Calibración automática



## Error en la medición de distancias

**Error de apreciación** (error de la placa de adquisición + error del sensor):

Determinar experimentalmente el error en la posición → ¿Cómo lo hacemos?

# Carrito en plano inclinado

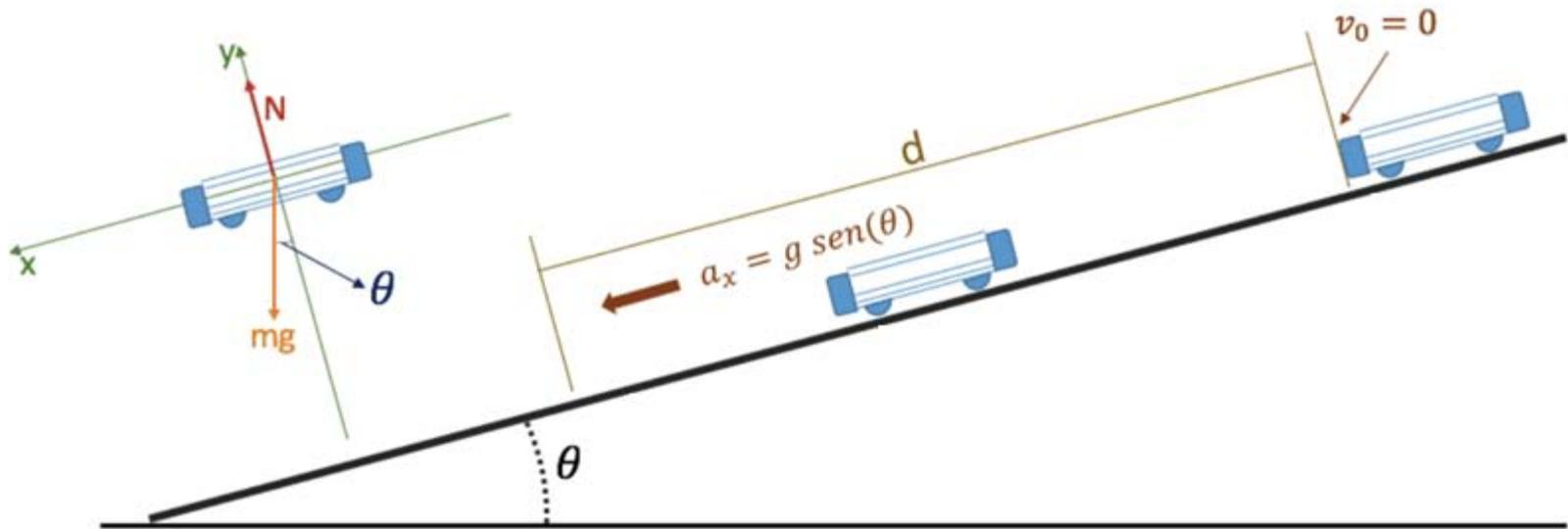


Diagrama de fuerzas  
+ 2da ley de Newton:

$$\begin{aligned} \sum F_y) \quad N - m g \cos(\theta) &= m a_y = 0 \Rightarrow N = m g \cos(\theta) \\ \sum F_x) \quad m g \operatorname{sen}(\theta) &= m a_x \Rightarrow a_x = g \operatorname{sen}(\theta) \end{aligned}$$

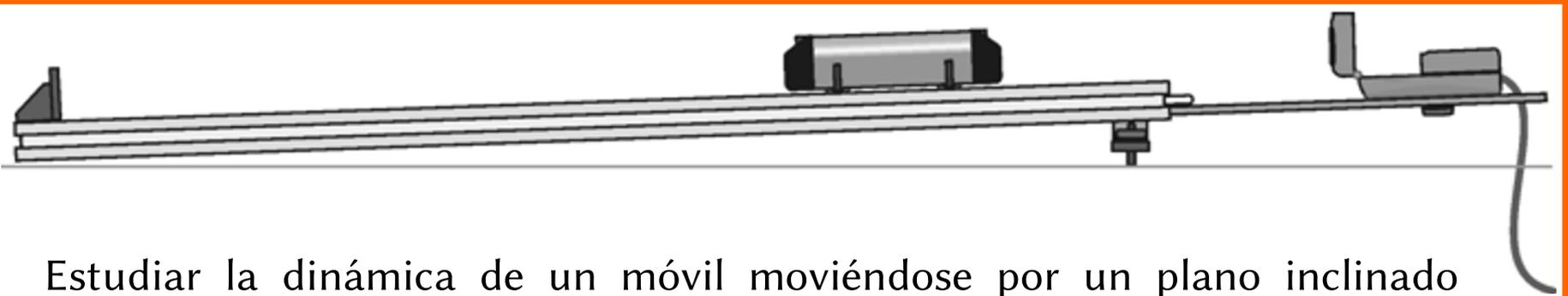
Integrando llegamos:

$$v = v_0 + a_x(t - t_0)$$

$$x = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a_x(t - t_0)^2$$

(sin rozamiento)

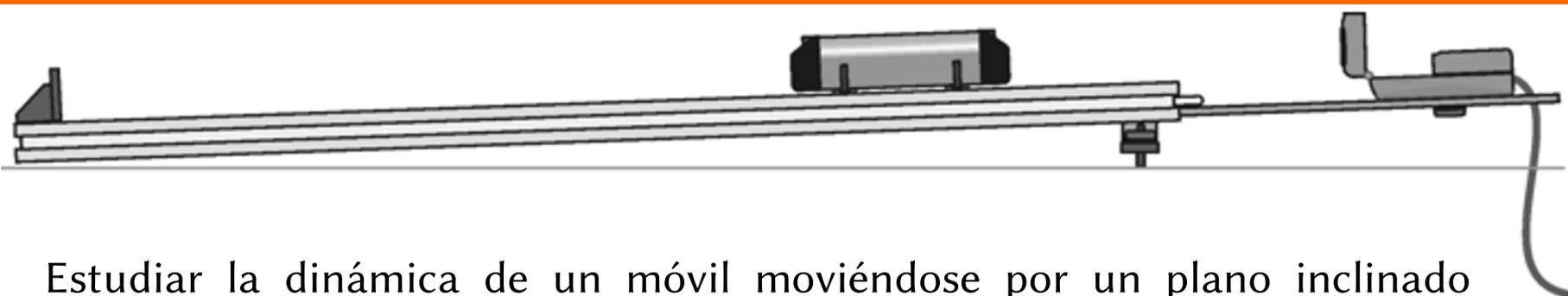
# Experimento



Estudiar la dinámica de un móvil moviéndose por un plano inclinado usando un sensor de posición.

- ✓ Calibrar el sensor de posición. Chequear la calibración.
- ✓ Determinar error en la posición y en el tiempo.
- ✓ Limpiar el riel. Evaluar la mejor manera de medir la posición del carrito.
- ✓ Usar un nivel para asegurarse que el riel no quede inclinado hacia uno de los costados.
- ✓ Revisar que todas las ruedas del carrito giren bien.
- ✓ Pruebas preliminares para definir tiempo de medición y frecuencia de muestreo.
- ✓ Medir cuidadosamente el ángulo  $\theta$  y determinar su incerteza.
- ✓ Discutir hipótesis.

## Actividades

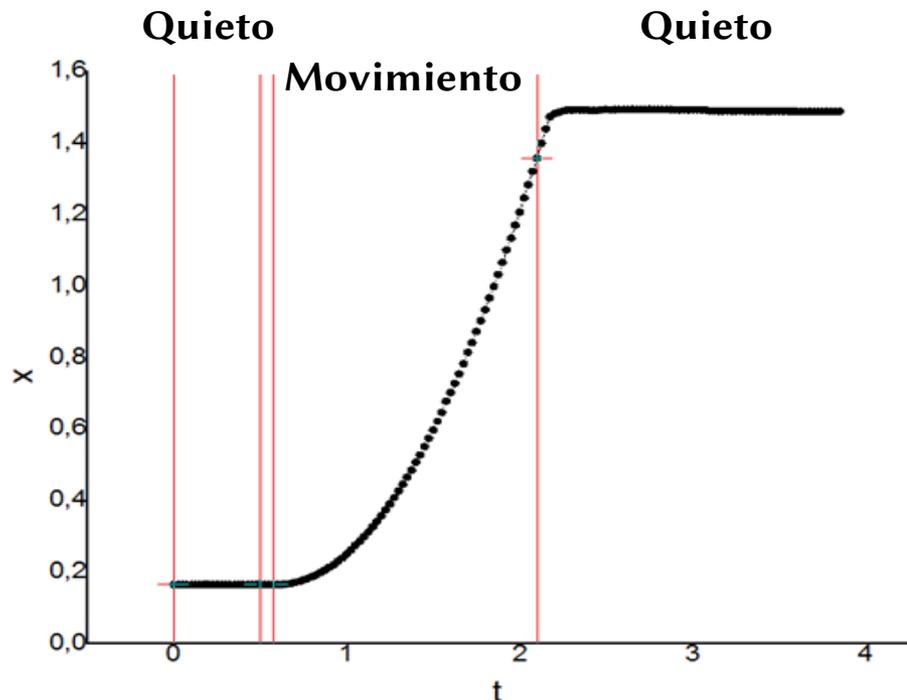


Estudiar la dinámica de un móvil moviéndose por un plano inclinado usando un sensor de posición.

- Usando el sensor de posición, medir para **3 ángulos  $\theta$**  diferentes la posición del carrito cuando viaja por un plano inclinado.
- Al menos para uno de los ángulos, registrar en **simultáneo** el movimiento usando el sensor de posición y una cámara. Analizar el video usando Tracker (como hicimos la clase pasada).
- Superponer los gráficos obtenidos con el sensor de posición y con Tracker. Comparar las mediciones. ¿Notan alguna diferencia? Discutan ventajas y desventajas de cada método.

# Actividades

- Graficar  $x$  vs.  $t$  (con sus respectivos errores en las dos variables). Encontrar los parámetros del modelo a partir de un ajuste no lineal de acuerdo a las técnicas implementadas la clase pasada. Incluir el gráfico de residuos (con sus incertezas).
- Evaluar los parámetros de bondad.
- Calcular el valor de  $g$  y discutir en relación al resultado obtenido. ¿Se apreciaron efectos de rozamiento? Evaluar si este experimento es confiable para determinar el valor de  $g$ .



Para el análisis →  
quedarse con el conjunto de mediciones que corresponden al movimiento del carrito.

Possible criterio:

$$\text{si } |x_{i+1} - x_i| < 2\Delta x$$

→ puedo eliminar medida  $x_i$

# INFORME 3: ENTREGA 15-10 HASTA LAS 12 HS

## EN EL CAMPUS EN FORMATO PDF

### ¿Qué podría ir en este informe?

#### 1. Introducción

- ✓ Movimiento de un cuerpo en un plano inclinado sin rozamiento (descripción teórica). Colocar la ecuación  $x(t)$  y las hipótesis conocidas.
- ✓ Último párrafo: **El objetivo de este trabajo ....**

## 2. Desarrollo experimental

- ✓ Describir el sistema experimental y la metodología de medición.
- ✓ Detallar cuidados que se tuvieron en la medición. Informar características principales del sensor de posición.
- ✓ Aclarar cómo se midió  $x(t)$  y cómo se determinaron sus incertezas (decir qué método se empleó).
- ✓ Informar la frecuencia de muestreo (sensor de posición) y número de fotogramas (Tracker).
- ✓ Las ecuaciones del cálculo de los errores incluirlas en un apéndice.
- ✓ Incluir una figura del esquema del dispositivo experimental (**CITARLA antes en el texto**). **Puede ser foto o esquema. Recordar marcar qué es cada cosa** (como en los informes anteriores).
- ✓ Describir cómo podría obtener el valor de  $g$  a partir de sus mediciones.

### 3. Resultados y discusión

- ✓ Figura superpuesta de  $x(t)$  obtenidas con el sensor de posición y con Tracker. Evaluar si se observan diferencias de acuerdo al método de medición empleado.
- ✓ Para cada ángulo de inclinación del plano: figura de  $x(t)$  (con incertezas en  $x$  y  $t$ ) junto con un ajuste no lineal (de acuerdo al modelo propuesto para este experimento).
- ✓ Incluir el gráfico de los residuos (no olvidar las incertezas y usar punto con línea para visualizar mejor la estructura posible).
- ✓ Expresar los resultados del modelo:  $x_0$ ,  $v_0$ ,  $a_x$ ,  $r$  y  $\chi^2$ , y discutir la calidad del ajuste a partir de los parámetros de bondad ( $r$ ,  $\chi^2$  y residuos). Recordar colocar las unidades de los parámetros.
- ✓ Figura comparativa con los resultados de  $g$  para los distintos ángulos. Incluir el valor de referencia.
- ✓ Discutir posible efecto de la fuerza de rozamiento. ¿Se observa alguna dependencia con  $\theta$ ? ¿Qué cree que podría estar pasando?