

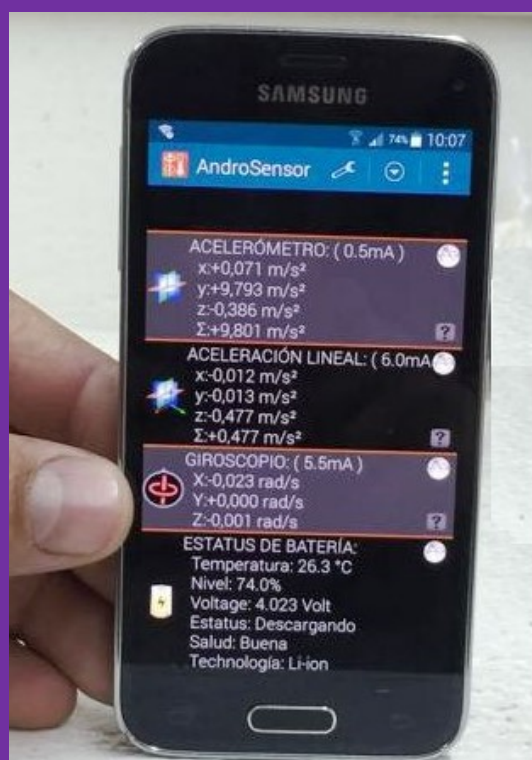


# Aprendizaje de física experimental

## # El Aula-Laboratorio en casa

Propuestas experimentales para estudiantes - Versión 1.0

José Di Laccio-Andrés Monetta-Javier Carro





# El Laboratorio en casa

## Índice general

I	<b>Laboratorio 1</b>	
1	<b>Herramientas experimentales</b> .....	7
1.1	<b>Nociones introductorias</b>	7
1.1.1	Encuentro entre móviles, estudio gráfico I .....	8
1.1.2	Encuentro entre móviles, estudio gráfico II .....	8
1.1.3	Movimiento de un proyectil, estudio gráfico .....	9
1.1.4	Magnitud que se mide N veces I .....	9
1.1.5	Magnitud que se mide N veces, incluyendo el teléfono inteligente. ....	9
1.1.6	Plano inclinado, filtro de datos y mínimos cuadrados .....	11
1.1.7	Linealización y ajuste por mínimos cuadrados .....	11
1.1.8	Propagación de incertidumbres I .....	11
1.1.9	Propagación de incertidumbres I .....	12
1.1.10	Propagación de incertidumbres II .....	12





# Laboratorio 1

<b>1</b>	<b>Herramientas experimentales ...</b>	<b>7</b>
1.1	Nociones introductorias	



# El Laboratorio en casa

## 1. Herramientas experimentales

### 1.1 Nociones introductorias

Este laboratorio es de corte introductorio y se centra en las herramientas transversales que se utilizan por lo general en el primer curso de física experimental. Para llevar adelante los experimentos que se proponen, basta con disponer de una computadora personal (PC) y algún programa u hoja de cálculo para el procesamiento de datos.

En cada contexto específico de enseñanza se le propone a los estudiantes algún programa de procesamiento que va en línea con los objetivos particulares del centro. Es relativamente común, en contextos científicos, escuchar hablar de programas y/o planillas de cálculo tales como: [Excel](#), [Calc](#), [Octave](#), [MatLab](#), [Python](#), [R](#), [Julia](#), [Jupyter](#), entre otros. La decisión de qué utilizar dependerá de la disponibilidad en el centro y de la propuesta pedagógica del docente.

Estas notas no tienen un destinatario específico, sino que buscan llegar a un público amplio, por lo que aquí proponemos la utilización de hojas de cálculo de Excel o Calc, que son muy similares entre sí, y se encuentran disponibles en casi cualquier computadora hogareña.

La propuesta de laboratorio consta de la resolución de ejercicios que requieren algunas habilidades transversales de un laboratorio: medir cuidadosamente, trabajar con archivos de datos y su exportación, tabular datos, graficar, determinar el mejor valor de una medida repetitiva con su incertidumbre, ajustar datos con modelos lineales, trabajar con la propagación de incertidumbres cada vez que sea necesario, expresar las magnitudes con su incertidumbre y realizar informes.

Las tres primeras subsecciones, 1.1.1 a 1.1.3 se dedican a que el estudiante prepare sus datos, grafique etiquetando correctamente los ejes y haga visible la información relevante de su trabajo mediante el uso de escalas adecuadas, de manera que le sea posible interpretar un fenómeno de corte cinemático.

Las dos subsecciones siguientes, 1.1.4 y 1.1.5 se dedican a medidas repetidas de una misma magnitud y su tratamiento estadístico. La primera de ellas es introductoria

al cálculo de promedios y desviación estándar de una muestra, mientras que la segunda profundiza esos conceptos. Para el desarrollo de 1.1.5 se requiere del teléfono inteligente y una aplicación para medir las componentes de la aceleración.

Los teléfonos inteligentes funcionan como un adquirente de datos en donde se tiene la posibilidad de configurar tanto la recolección de datos (frecuencia y tiempo de muestreo) como también el formato del archivo de salida (tipo de archivo, delimitador de columnas, entre otros). De manera que pueden ser utilizados para obtener archivos de datos, con sus etiquetas y luego exportarlos para su procesamiento y análisis. La utilización de los teléfonos inteligentes con este fin se convierte en un ejercicio muy completo ya que, a escala reducida, involucra muchas de las habilidades que debe desarrollar un científico para el manejo de datos de equipos sofisticados.

Con el fin de orientar al estudiante en el proceso de la adquisición de datos con se brindan los pasos esenciales a seguir para medir con el teléfono usando una aplicación (App) de descarga libre y gratuita para sistemas Android o iOS.

En las subsecciones 1.1.6 y 1.1.7 se propone la realización de ajustes de curvas por el método de mínimos cuadrados. En el primer caso es necesario filtrar datos para quitar valores atípicos, también llamados «outliers»; en el segundo es necesario previamente linealizar la ecuación propuesta para aplicar una regresión lineal.

Finalmente en las tres últimas subsecciones 1.1.8 a 1.1.10 se procura que el estudiante se familiarice con la propagación de incertidumbres en casos concretos.

### 1.1.1 Encuentro entre móviles, estudio gráfico I

Una estudiante está parada con sus amigos en un kiosco que está a 40.0 m de la parada de ómnibus, donde un coche espera la hora asignada para su partida. La estudiante que se encontraba distraída, nota que el coche sale, por lo que comienza a correr en ese preciso instante. La estudiante corre con una rapidez constante de 5.0 m/s, mientras que el ómnibus tiene una aceleración constante de 0.30 m/s<sup>2</sup>.

- Escriba la ley horaria de movimiento para la estudiante y para el ómnibus, tomando como origen del sistema de referencia el kiosco.
- Realice la representación gráfica de dichas funciones generando al menos 100 pares de valores  $(t, x)$  cuando  $0 \leq t \leq 20$  s. Etiquete los ejes, coloque un título y agregue una grilla fina de fondo.
- ¿Cuánto tiempo tarda la estudiante en alcanzar el ómnibus y en qué posición se produce el encuentro?

### 1.1.2 Encuentro entre móviles, estudio gráfico II

Tomando en cuenta el problema planteado en 1.1.1 realice las siguientes tareas:

- Grafique la posición y la velocidad de la estudiante en función del tiempo usando una única ventana y habilitando un eje secundario para la velocidad. No olvide etiquetar los ejes, colocar título y colocar una grilla de fondo. Repita el procedimiento, pero esta vez para el ómnibus.
- Suponga ahora que la velocidad de la estudiante es un parámetro ( $v_0$ ) que puede ser ajustado por el usuario. El rango de valores que puede tomar es  $1.0 \leq v_0 \leq 4.0$  m/s. Realice la gráfica de la posición de la estudiante y del ómnibus incorporando  $v_0$ . Varíe el parámetro para obtener gráficamente la mínima velocidad a la cual debe correr la estudiante para alcanzar el ómnibus. Verifique su predicción gráfica con el



cálculo analítico.

### 1.1.3 Movimiento de un proyectil, estudio gráfico

En una feria, se gana el pase gratis al juego denominado el martillo si al lanzar una moneda muy pequeña a un vaso, de diámetro 5.0 cm que está a 2.0 m del lugar de lanzamiento y sobre una mesa de 1.2 m de alto, la misma ingresa a este. Antonella y Fernanda quienes son "fans" del juego y estudiantes de física se entrenan para el desafío lanzando la moneda con un ángulo que les queda cómodo y con una velocidad de salida típica de su mano, obteniendo las siguientes leyes horarias de posición (cuando ignoran la resistencia del aire) en donde  $x$  e  $y$  están en metros y el tiempo  $t$  en segundos :

$$x(t) = 5.22t$$

$$y(t) = 1.2 + 3.0t - 4.9t^2.$$

- Obtenga gráficamente la trayectoria de la moneda desde que es lanzada hasta que llega al suelo, supongo que no hay obstáculo en su camino. Ajuste su gráfico para que sea bien visible el camino recorrido. Etiquete los ejes como de costumbre y agregue título y grilla fina al gráfico.
- ¿La moneda ingresa al vaso? ¿Cómo lo sabe?
- Grafique la componente de la velocidad en  $y$  de la moneda en función de la posición (hasta que esta llega al suelo). ¿Qué componente de velocidad en  $y$  tiene la moneda en: a)  $x = 1.0m$  y b)  $x = 3.0m$  ? Explique si la moneda está subiendo o bajando en cada una de las posiciones anteriores.

### 1.1.4 Magnitud que se mide N veces I

Se mide el largo ( $l$ ) de una misma vara 20 veces usando una regla en centímetros que tiene una apreciación de 0.2 cm. Al hacerlo se obtuvieron los siguientes resultados:

longitud $l$ expresada en cm				
30.4	31.0	30.7	30.6	30.3
30.7	30.3	30.6	30.8	30.5
30.9	30.6	30.4	30.9	30.5
30.7	30.9	30.7	30.2	30.6

- Calcule el mejor valor para la longitud.
- Determine el error absoluto combinando el error estadístico con el de apreciación. Exprese el resultado final usando el mejor valor de longitud y su incertidumbre combinada.

### 1.1.5 Magnitud que se mide N veces, incluyendo el teléfono inteligente.

En este ejercicio trabajaremos algunos elementos de estadística descriptiva y para ello usaremos datos que usted recolectará con su teléfono inteligente. La idea es medir la aceleración gravitatoria, para esto se sugiere usar una App que le permita realizarlo. Le recomendamos instalar en su teléfono inteligente [AndroSensor](#) que es de uso sencillo de utilizar y está disponible de forma libre gratuita para sistemas Android.

Los pasos para medir las componentes de la aceleración son simples:

1. Descargar la App, ver figura 1.1
2. Iniciar la App y usar la herramienta de configuración para: definir como sensor activo solo el acelerómetro, configurar un intervalo de grabación de 0.20 s y asignar como formato de archivo de salida .CSV delimitado por punto y coma.
3. Coloque el teléfono fijo contra una pared vertical, asegurándose que la pantalla del teléfono quede frente a usted y pulse grabar los datos. Recolecte al menos un minuto (unas trescientas muestras).
4. Corte la grabación y observando la pantalla del teléfono verá que se indica que los datos han sido guardados en un archivo .csv en la carpeta que se ha instalado en su teléfono de AndroSensor. En ese lugar encontrará el archivo para analizar y su contenido son los valores de las componentes de la aceleración medidas a lo largo de los ejes solidarios al teléfono, el tiempo de recolección (fecha y hora del día) así como el tiempo entre muestras (expresado en ms).

Al lograr realizar la toma de datos y obtener su archivo de datos .csv ya estará en condiciones de empezar a realizar este ejercicio.

- a) Cargue sus datos en algún programa de análisis calcule el máximo, mínimo y rango de la serie.
- b) Para el conjunto de datos determine entre 10 y 15 clases de igual amplitud y construya un cuadro de datos con las siguientes columnas: clase, frecuencia de clase, frecuencia acumulada, frecuencia relativa, frecuencia relativa acumulada y marca de clase.
- c) Construya un histograma con los datos. ¿Qué tipo de distribución atribuye a sus datos? ¿El comportamiento es gaussiano? Justifique superponiendo la curva gaussiana a sus datos normalizados.
- d) Construya un gráfico de la frecuencia acumulada.



Figura 1.1: Vista frontal del teléfono inteligente con la App AndroSensor activa.

### 1.1.6 Plano inclinado, filtro de datos y mínimos cuadrados

Un bloque de masa  $M = 10$  kg se suelta desde reposo desde la cima de un plano inclinado (fijo al piso) cuyo largo es de 2.0 m. El rozamiento entre el bloque y el plano es muy pequeño y la inclinación del plano respecto de la horizontal es  $\theta = 10^\circ$ . Tome el origen para la posición en el punto desde el cual se suelta el bloque.

- Obtenga mediante el cálculo teórico la aceleración del sistema, las leyes horarias de velocidad y posición mientras el bloque permanece en el plano.
- Grafique la velocidad  $v(t)$  y la posición  $x(t)$  del bloque en función del tiempo para al menos 1.5 segundos.
- En el laboratorio se realizó esta experiencia y se tomaron medidas de los valores de la posición del bloque para distintos tiempos con 3 % de porcentaje de error, obteniéndose:

$x$ (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$t$ (s)	0.31	0.49	0.62	0.69	0.89	0.82	0.95	0.97	1.3	1.08

- Realice la gráfica  $x(t)$  usando los datos experimentales e incluya la incertidumbre en sus datos. Superponga a los datos experimentales su modelo teórico. ¿Se presentan valores atípicos (outliers) entre sus datos? ¿Cómo lo sabe? En caso afirmativo, filtre estos outliers y vuelva a graficar.
- Linealice la función teórica de la posición del bloque y grafique en un mismo par de ejes con los datos experimentales filtrados y el modelo teórico. ¿Qué representa la pendiente de este gráfico con los datos experimentales? Explique.

### 1.1.7 Linealización y ajuste por mínimos cuadrados

El archivo [datos.csv](#) contiene 100 medidas de tres magnitudes  $x$ ,  $y$ ,  $z$  relacionadas entre sí. Por razones teóricas, se espera que cumplan las siguientes relaciones:

$$y = ax + b \quad (1.1)$$

$$z = \alpha e^{-\beta x} \quad (1.2)$$

- Grafique  $y(x)$  y  $z(x)$ . Etiquete claramente sus ejes.
- Utilice el método de mínimos cuadrados para calcular los coeficientes  $a$ ,  $b$  con su incertidumbre estadística y el coeficiente de correlación  $R^2$  para el modelo de la ecuación 1.1.
- Linealice la ecuación 1.2 y determine los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  con su incertidumbre estadística.

### 1.1.8 Propagación de incertidumbres I

La resistencia eléctrica de un conductor se define por la ecuación 1.3. El error en el voltaje es  $\Delta V$  y la incertidumbre en la intensidad de corriente es  $\Delta I$ .

- Usando propagación de incertidumbre obtenga una expresión para la incertidumbre absoluta, relativa y el % de error de  $R$ .

$$R = \frac{V}{I} \quad (1.3)$$

- b) Si el voltaje es  $V = (11.7 \pm 0.2)$  V y la intensidad de corriente  $I = (0.12 \pm 0.01)$  A. Calcule el porcentaje de error en su determinación. El fabricante reporta un valor de  $100 \Omega$  con 5 % de error a través del código de colores. Compare el valor calculado con el proporcionado por el fabricante.

### 1.1.9 Propagación de incertidumbres I

La densidad de un objeto homogéneo es el cociente entre su masa y el volumen. La densidad de una canica esférica viene dada por la ecuación:

$$d = \frac{m}{V}$$

- a) El volumen de la esfera se obtiene por  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ , obtenga una expresión para la incertidumbre absoluta, relativa y el % de error de la densidad.  
b) Utilizando los siguientes datos, calcule la densidad y su incertidumbre relativa.

$$m = (2.00 \pm 0.05)g$$
$$r = (26.7 \pm 0.5) \text{ mm}$$

### 1.1.10 Propagación de incertidumbres II

El período de oscilación de un péndulo simple para el caso de pequeñas oscilaciones está dado por la ec. 1.4. Despeje la aceleración gravitatoria,  $g$ , y obtenga una expresión para la incertidumbre absoluta, la relativa y el porcentaje de error. Luego, usando los valores suministrados,  $T = (2.46 \pm 0.02)s$  y  $l = (1.50 \pm 0.02)m$ , determine el valor de  $g$  con su incertidumbre.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \tag{1.4}$$