

Guía para el Manejo y Procedimiento en el Laboratorio de Física

FACULTAD DE
INGENIERÍAS

Fís. Sheyla Serrano
Fís. Patricio Núñez
Fís. Holger Ortega
Fís. Jhonny Chimborazo
Fís. Sonia Guaño

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
LABORATORIO DE FÍSICA

**Guía para el Manejo y
Procedimiento en
el Laboratorio de Física**

Nivel: Propedéutico

Fís. Sheyla Serrano
Fís. Patricio Núñez
Fís. Holger Ortega
Fís. Johnny Chimborazo
Fís. Sonia Guaño

Guía para el Manejo y Procedimiento en el Laboratorio de Física

Fís. Sheyla Serrano; Fís. Patricio Núñez; Fís. Holger Ortega; Fís. Jhonny Chimborazo; Fís. Sonia Guaño

1era. edición: Ediciones Abya-Yala
Av. 12 de Octubre 14-30 y Wilson
Casilla: 17-12-719
Teléfonos: 2506-247 / 2506-251
Fax: (593-2) 2 506-255 / 2 506-267
e-mail: editorial@abyayala.org
www.abyayala.org
Quito-Ecuador

Diagramación: Ediciones ABYA-YALA
Quito-Ecuador

ISBN: 978-9978-10-048-6

Impresión: Ediciones Abya-Yala
Quito - Ecuador

Impreso en Quito - Ecuador, 2009

“Cuando uno puede medir aquello de lo que se está hablando y expresarlo en números, sabe algo acerca de ello, pero cuando no puede medirlo, expresarlo en números, su conocimiento es escaso e insatisfactorio, y difícilmente parte de la ciencia”

Lord Kelvin

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda y colaboración para la elaboración de este trabajo de las Autoridades de la Universidad Politécnica Salesiana, en las personas de su Vicerrector sede Quito M.Sc. Armando Romero, Decano de la Facultad de Ingenierías M.Sc. Diego Peñaloza, los Directores de las Carreras de Ingeniería de Sistemas M.Sc. Xavier Calderón, Electrónica M.Sc. Germán Arévalo y Civil Ing. Iván Calero, y especialmente a los Padres Luciano Bellini Rector de la U.P.S. y Marcelo Farfán por haber apoyado siempre nuestras iniciativas. Además, a los Físicos Bayardo Campuzano, y Ph.D. Sebastián Araujo por su colaboración en la elaboración y corrección del borrador del trabajo, y por último un agradecimiento muy especial a los alumnos que nos han inspirado para poder transmitir el conocimiento de la Física en forma Práctica y para que ellos puedan visualizar la importancia de la aplicación de las Ciencias en nuestra vida diaria.

REGLAMENTO

DEL LABORATORIO DE FÍSICA

1. Los estudiantes deben comportarse de una manera respetuosa entre compañeros, y con sus profesores.
2. No se permiten alimentos ni bebidas en el laboratorio.
3. Se tolerará un atraso únicamente de 15 minutos después de comenzada la hora clase de laboratorio.
4. Cada grupo es responsable del equipo en el que trabajará, los daños causados al mismo durante la clase de laboratorio debido a descuido o desconocimiento correrán por parte del grupo.
5. Si se pierde o extravía parte o partes del equipo, el grupo responsable de ese equipo pagará el valor del doble del precio de mercado, o repondrá en forma directa en el Laboratorio por duplicado el equipo perdido.
6. No se reciben Coloquios, Informes y/o Defensas atrasadas. En caso de calamidad doméstica o por motivos de salud, se presentará una solicitud dirigida al Coordinador del Laboratorio.
7. El profesor de laboratorio deberá supervisar la manipulación de las Fuentes de Voltaje y aparatos de medida, que deberá realizarse con extremo cuidado.
8. Si no se está seguro de lo que se está haciendo pregunte al profesor a cargo.

DISTRIBUCIÓN DE LA HORA DE CLASE

La hora-clase de laboratorio tiene una duración de 2 horas (120 minutos) y se distribuirá de la siguiente manera:

ENTREGA DEL INFORME ANTERIOR

El alumno entregará el informe de la *Práctica anterior*, por escrito al inicio de la clase de laboratorio. El informe tiene un valor de 3 puntos.

DEFENSA

Es una evaluación sobre la Práctica entregada, tiene un valor de 5 puntos. *Se realizará cuando se entregue el Informe de la Práctica respectiva.*

COLOQUIO:

Es una evaluación oral y/o escrita de la descripción teórica y de procedimientos, que el alumno prepara antes de iniciar el experimento, estudiando la guía. Se tomará al inicio de la Práctica de Laboratorio.

PRÁCTICA

Se refiere a la manipulación del equipo en base al procedimiento descrito en la Guía de Laboratorio, se hará luego de la explicación del procedimiento por parte del profesor a cargo. Luego de obtener los datos en el desarrollo de la Práctica, los mismos se harán constar en la Hoja de Datos. La Hoja de Datos será entregada al Profesor del Laboratorio, al finalizar la práctica.

SOBRE LA EVALUACIÓN DEL INFORME:

- El grupo de laboratorio se dividirá en varios subgrupos, cada uno de 3 a 5 estudiantes.
- Cada subgrupo deberá escoger a un “líder de grupo”.
- El líder tiene la obligación de organizar el desarrollo del informe, el mismo que **deberá hacerse en grupo**.
- El líder del grupo calificará el desempeño individual de cada miembro de la siguiente manera:

A: muy colaborador

B: colaborador

C: no colaborador

y entregará las notas por escrito a su Profesor de Laboratorio para cada una de las prácticas.

- Cada estudiante ***está obligado a presentar su informe escrito a mano, a tinta, con presentación formal.***
- El informe entregado por el líder del grupo es el que se calificará detenidamente, con una nota máxima de 3 puntos.
- La calificación del informe de cada estudiante será promediada entre la nota del informe del líder de grupo y la nota de desempeño individual entregada por éste.
- El cargo del líder de grupo tiene una duración de un bimestre, el mismo que puede ser renovado.

AGRADECIMIENTOS	5
REGLAMENTO Y DISTRIBUCIÓN HORA CLASE.....	7
GUÍA DE GUÍAS.....	15
Práctica 1. MEDIDAS, FUNCIONES Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE ERRORES	31
Práctica 2. VECTORES	43
Práctica 3. MOVIMIENTOS RECTILÍNEOS	53
Práctica 4. MOVIMIENTO DE PROYECTILES.....	63
Práctica 5. FUERZAS EN UN PLANO INCLINADO	73
Práctica 6. FUERZA DE ROZAMIENTO	83
Práctica 7. ENERGÍA POTENCIAL Y CINÉTICA	93
Práctica 8. DINÁMICA ROTACIONAL.....	103

GUÍA DE GUÍAS

1. INTRODUCCIÓN

Considerando las grandes diferencias de formación previa con la que llegan a la Universidad Politécnica Salesiana los estudiantes de diferentes colegios, y en vista de la necesidad de superar esos niveles, presentamos esta *Guía de Guías*, cuya lectura, esperamos, ayudará al estudiante en varios aspectos: entender mejor el sentido del experimento dentro de la materia de física; que las prácticas sean realizadas de una manera correcta y productiva; y, en general, a familiarizarse con la investigación que se realiza en ciencia e ingeniería.

Incluimos al final un ejemplo de informe, realizado sobre un experimento “extracurricular” desarrollado con materiales caseros, con el objetivo de mostrar que la ciencia no se limita a los laboratorios y a la formalidad.

Por supuesto, tenemos una motivación extra para escribir esta *Guía*: transmitir a los estudiantes nuestro amor por la ciencia y nuestra fe en sus métodos como caminos hacia el conocimiento cierto de los misterios del universo en que vivimos.

Profesores

2. QUÉ ES QUÉ EN EL LABORATORIO

En el laboratorio manejamos comúnmente los siguientes términos:

2.1. Experimento

Se refiere en sí a la manipulación del equipo.



Ten el mayor cuidado al manipular los equipos y anotar los valores. Debes hacer siempre una *hoja de datos* que entregarás a tu profesor al final de la práctica y que sirve para comprobar que todos los estudiantes del grupo hicieron el experimento y tienen por tanto los mismos datos.

2.2. Guía

Es el material impreso que el estudiante recibe al comienzo del semestre y que contiene los lineamientos generales sobre el experimento: los objetivos, parte de la teoría sobre el fenómeno físico a ser analizado, el equipo a usar, los procedimientos, tablas de datos, los trabajos por realizar, preguntas a contestar, conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

2.3. Informe

Es el trabajo escrito que el estudiante debe entregar, y se califica sobre 3 puntos. Consta de la guía en la cual debe haberse llenado los espacios correspondientes, y de hojas adjuntas conteniendo ejemplos de cálculos, gráficos, etcétera, según pida la misma guía. **El informe debe ser realizado a tinta y con una presentación formal.**

El informe consta generalmente de las siguientes secciones:

- *Objetivos.*
- *Teoría.*
- *Equipo de laboratorio.*
- *Montaje del equipo.*



Hasta aquí, nada tienes que llenar en la guía

- *Procedimiento y tabla de datos.* Las tablas de esta sección deben contener los datos tomados en el experimento.



¡En esta parte a medida que se desarrolla el experimento lo único que tienes que hacer es llenar las tablas!

- *Trabajos.* Se deben seguir las instrucciones de la misma guía, llenando las tablas con los resultados de los cálculos realizados. Se debe además adjuntar las hojas con los respectivos **ejemplos de cálculo** y los **gráficos** requeridos por la guía. Los gráficos deben contener:

- ✓ *Título del gráfico.*
- ✓ *Nombre de cada eje, con unidades.*
- ✓ *Escalas*
- ✓ *Etiquetas de datos*
- ✓ *Triángulos para cálculo de pendientes, eventualmente.*



¡Ahora sí, a trabajar! Esto y lo siguiente del informe debes realizarlo en casa. Sobre los ejemplos de cálculo: no es necesario que escribas *todos* los cálculos que has realizado. Basta con un ejemplo que indique al profesor qué has hecho. Lógicamente, es un ejemplo *por cada parámetro que debas calcular*. Para saber más sobre cómo hacer un gráfico, revisa el § 3, Gráficos, en la página 18.

- *Preguntas.* Un experimento en ciencia sirve usualmente para **comprobar** una teoría, y esto se hace **comparando** los datos *deducidos* a partir de ésta con los *obtenidos* experimentalmente; o hallando el tipo de relación existente entre los parámetros medidos. Esta sección busca precisamente encaminar al estudiante a que compare datos y encuentre los tipos de relaciones entre parámetros. Se incluyen además preguntas teóricas sobre detalles no abordados en la guía.



Recuerda, esta sección pretende encaminarte a comprobar la teoría, haciendo que compares *cuantitativamente* los datos o que encuentres tipos de relaciones entre parámetros. Por lo general, los datos que se te pide comparar deberían ser bastante parecidos, aunque no iguales, por causa de los errores. Si los datos definitivamente no concuerdan, trata de explicar qué falló en el expe-

rimento. ¡Responder que los datos no concuerdan no te quitará puntaje, siempre que trates de explicar la razón!

En cuanto a los tipos de relaciones entre parámetros, puedes darte cuenta de cuáles son estos al momento mismo de hacer las gráficas. (Consulta "Tipos de relaciones entre parámetros" en la página 21 de esta *Guía de Guías*).

En cuanto a las preguntas teóricas, consultar material bibliográfico como libros, páginas web, etcétera, te puede servir de mucha ayuda.

- **Conclusiones.** En cualquier investigación las conclusiones son lo más importante. Estas deben obtenerse en referencia a los objetivos de la práctica, y tomando en cuenta los datos y errores que han resultado del experimento.



¡No olvides llenar esta sección! Para llegar a tus conclusiones, vuelve a leer los objetivos de la práctica. Analiza: ¿se han cumplido dichos objetivos? ¿Cómo los datos han ayudado a que se cumplan? ¿O no lo han hecho? Para esto, lo que has respondido en la sección "Preguntas" te será de gran ayuda.

Revisa § 8. Conclusiones del ejemplo de informe, en la página 29.

- **Recomendaciones.** Aquí el estudiante puede escribir sus ideas sobre cómo mejorar el experimento y la toma de medidas; y sobre el desarrollo de la práctica en general.



Esta sección es opcional y por tanto no tiene puntuación. Puedes incluso escribir tus críticas a los profesores, siempre que sean constructivas e inteligentes.

- **Bibliografía.**

En caso de libros, se debe incluir:

- ✓ Autor o autores. [*Apellido, Inicial del nombre*]
- ✓ Título de la obra (entre comillas)
- ✓ Volumen
- ✓ Edición
- ✓ Editorial
- ✓ Ciudad y país [*ciudad-país*]
- ✓ Año
- ✓ Página(s) consultada(s) [*pp. 137, 140*]

En el caso de páginas web, escribir la dirección completa.



Aunque las páginas web te facilitan la consulta, no necesariamente son la fuente más confiable. Debes incluir, por tanto, por lo menos un libro, para que tu trabajo tenga respaldo.

2.4. Defenloquio.

Llamamos así a una evaluación oral y/o escrita que rinden los estudiantes al comienzo de cada práctica y consta de dos partes: el coloquio y la defensa. Su duración es aproximadamente 20 minutos y se califica sobre 7 puntos, 2 para el coloquio y 5 para la defensa.

El *coloquio* evalúa qué tan preparado se encuentra el estudiante para la práctica que va a realizar. Se evalúan *principalmente* en el coloquio los siguientes puntos (pero no solo esto):

- *Los objetivos de la práctica.*



Memoriza los objetivos que encuentras en la guía.

- *Conocimientos teóricos básicos.*



Estudia la sección "Teoría" de la guía. Trata de encontrar qué conceptos serán más importantes para entender el experimento a realizar. Complementa tu conocimiento, la guía no lo tiene todo

- *El procedimiento que se va a seguir.*



La idea es que sepas qué instrumentos vas a utilizar y lo que vas a hacer en la práctica. Encuentras esto en la sección "Procedimiento" de la guía.

Por lo general un experimento consta de varias partes y en cada una de ellas un parámetro es mantenido constante mientras se varían los otros. Trata de diferenciar cada parte y cada parámetro.

La *defensa* evalúa el grado de comprensión del estudiante sobre la práctica que realizó la clase de laboratorio anterior. Puede constar de dos partes: un cuestionario y una sección de problemas.



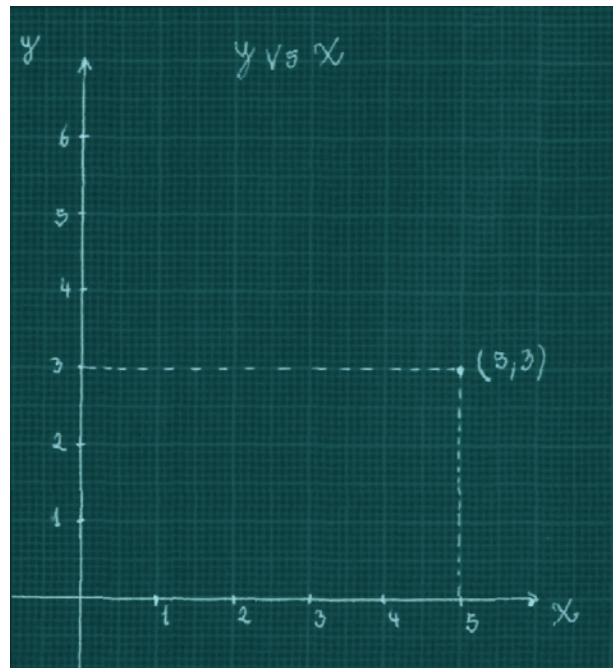
¡Ojo con esta parte! Los profesores del laboratorio tratan aquí de descubrir si en realidad comprendiste la práctica anterior e hiciste los trabajos que debías. ¡Por eso esta sección es tan importante y tiene el mayor puntaje

3. GRÁFICOS

3.1. Plano cartesiano

Es el plano definido por dos rectas que se cortan perpendicularmente entre sí, denominados **ejes de coordenadas**. Por convención, al eje horizontal se le denomina *eje de las abscisas* y al vertical *eje de las ordenadas*. La ubicación de un punto en el plano cartesiano queda completamente determinada si se especifican un par de números denominados **coordenadas**. Por ejemplo, el punto P de coordenadas (5,3) estaría ubicado en el plano según el gráfico adjunto:

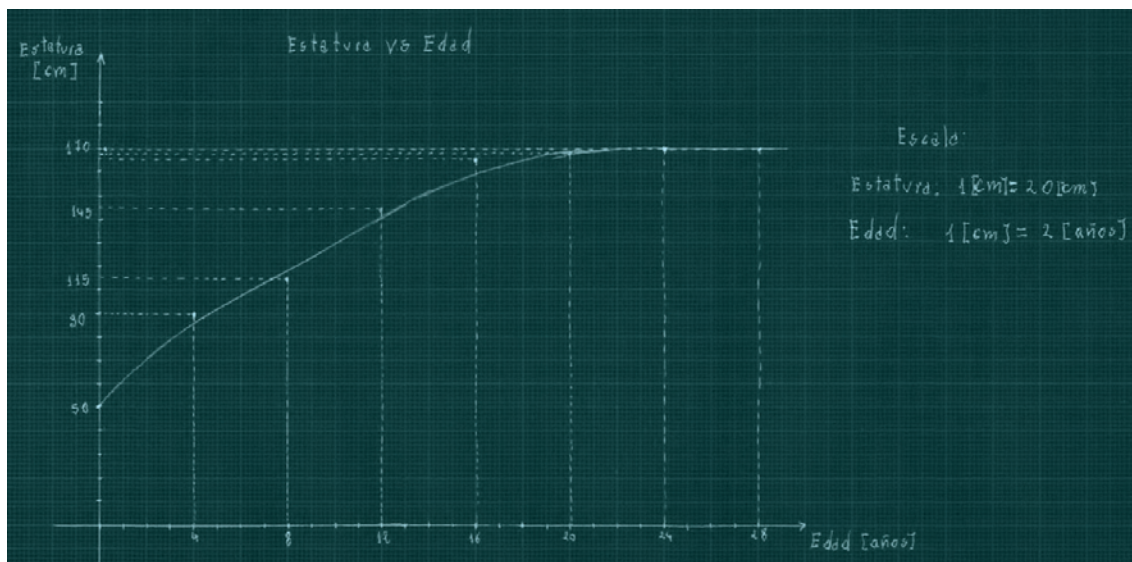
En física utilizamos los ejes cartesianos para ubicar los valores de magnitudes físicas como desplazamiento, tiempo, fuerza, velocidad, etcétera. Cuando se tiene un par de magnitudes en estudio, por convención se suele considerar a una de ellas como **independiente** y se mide la otra (a la cual, por supuesto, se denomina **dependiente**) en relación a ésta.



Los valores de la magnitud independiente se ubican en el eje de las abscisas y los de la dependiente en el de las ordenadas. Por ejemplo, supongamos que se tiene la edad de una persona a partir de su nacimiento como magnitud independiente y se mide su estatura con respecto a esta magnitud. Mostramos a continuación un cuadro de valores típico que se podría obtener en este sencillo experimento:

Edad [años]	Estatura [cm]
0	50
4	90
8	115
12	145
16	166
20	169
24	170
28	170

Un gráfico en el plano cartesiano de estos valores sería así:



3.2. Formato de presentación.

Formalmente, un gráfico debe contener:

- ✓ *Título del gráfico.*
- ✓ *Nombre de cada eje (es decir, a qué magnitud física representa), con unidades.*
- ✓ *Escalas.*
- ✓ *Etiquetas de los ejes (es decir, los valores de las magnitudes medidas correspondientes a cada punto ubicado en el gráfico).*
- ✓ *Triángulos para cálculo de pendientes, eventualmente.*

3.3. Escalas.

La escala indica a cuántas unidades de la magnitud representada equivale un centímetro en el eje dibujado.



Es como en los mapas: una escala, por ejemplo, de 1:100.000, que-
ría decir que 1 centímetro en el mapa representa 100.000 cm (es decir,
1 km) de territorio.

Por ejemplo una escala en un informe de laboratorio de física sería:

$$v: 1 \text{ cm} = 2,3 \text{ m/s}$$

Otro ejemplo:

$$f_R: 1 \text{ cm} = 9,4 \text{ N}$$

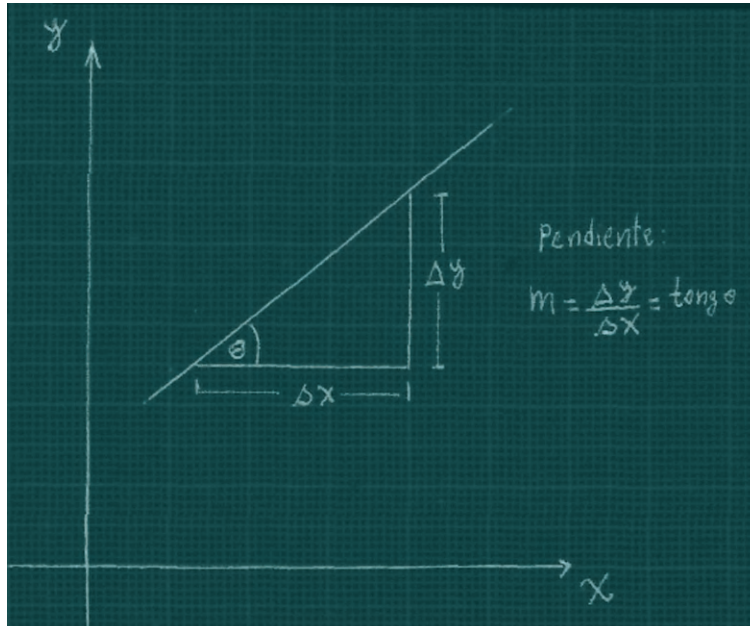
El primer ejemplo indica que, para el caso del eje de la velocidad, cada centímetro en el papel represen-
ta 2,3 m/s de velocidad en la realidad. De igual manera, el segundo ejemplo indicaría que 1 cm en el
papel representa 9,4 newtons en la realidad.



Para esta parte te serán de mucha utilidad las reglas de tres. Para
saber más revisa la Gráfica del ejemplo de informe, en la página 28.

3.4. Pendientes.

Evalúa qué tanto varía la magnitud dependiente en relación con la magnitud independiente. Se
puede definir, por tanto, como la tangente del ángulo que forma la recta con la horizontal y se puede
calcular, en un gráfico, trazando un triángulo rectángulo cuya hipotenusa sería la propia recta.



4. TIPOS DE RELACIONES ENTRE PARÁMETROS

Aunque existen muchos tipos de relaciones y funciones matemáticas, los más frecuentes en el laboratorio serán:

4.1. Proporcionalidad directa

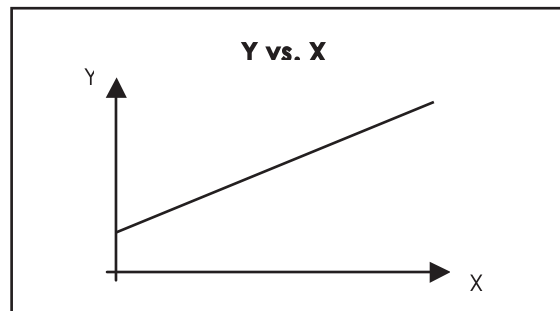
Se dice que dos magnitudes cualesquiera x e y son directamente proporcionales (lo cual se representa como $y \propto x$) si y solo si:

$$y = kx ; \text{ donde } k \text{ es una constante}$$



Lo cual quiere decir, por ejemplo, que si la magnitud independiente se duplica, la dependiente también se duplicará.

La gráfica de un par de magnitudes directamente proporcionales es una línea recta:

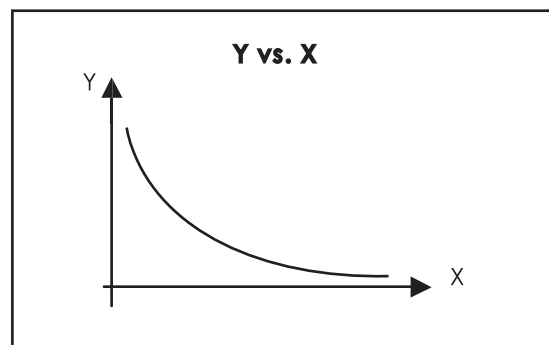


4.2. Proporcionalidad inversa

Se dice que dos magnitudes cualesquiera y y x son inversamente proporcionales (lo cual se representa como $y \propto 1/x$) si y solo si:

$$y = k \frac{1}{x} ; \text{ donde } k \text{ es una constante}$$

Un ejemplo de la gráfica de un par de magnitudes inversamente proporcionales es:

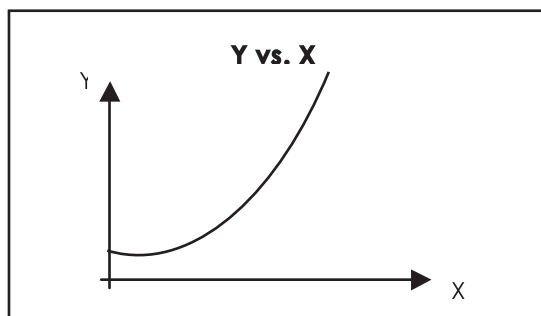


4.3. Relación cuadrática

Se dice que dos magnitudes cualesquiera x e y tienen una relación cuadrática si y solo si:

$$y = ax^2 + bx + c; \text{ donde } a, b \text{ y } c \text{ son constantes}$$

La gráfica de un par de magnitudes que mantienen una relación cuadrática es una *parábola*:



5. EJEMPLO DE INFORME

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
LABORATORIO DE FÍSICA No. 0

PÉNDULO SIMPLE

1. OBJETIVOS

1. Estudiar experimentalmente el péndulo simple.
2. Comprobar la relación entre el período de oscilación de un péndulo simple y la longitud de su hilo.
3. Utilizar las medidas obtenidas con el péndulo simple para determinar experimentalmente el valor de la aceleración de la gravedad en Quito.

2. MONTAJE O MÉTODO

1. Con el martillo colocar el clavo en un techo firme, formando un gancho.
2. Amarrar el hilo al cargador de celular, cortando previamente el respectivo cable.
3. Amarrar el otro extremo del hilo al clavo en el techo, como indica la figura 1, con una longitud inicial del hilo de 1,66 m.

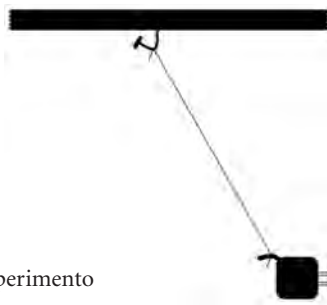


Fig. 1 Montaje del experimento

3. EQUIPO DE LABORATORIO

- Hilo de seda
- Un cargador de celular fuera de uso.
- Clavo.
- Martillo.
- Flexómetro.
- Reloj y celular con cronómetro.

4. TEORÍA

Un péndulo simple consta de una masa sujeta a un hilo inextensible y de masa despreciable, como se muestra en la figura 2:



Fig. 2 Dibujo esquemático de un péndulo simple

Si se saca a la masa de su posición de equilibrio y se la deja oscilar libremente (considerando además despreciables las fuerzas de rozamiento), se obtiene un movimiento conocido como Movimiento Armónico Simple (M.A.S).

Entre los parámetros importantes que se definen en un M.A.S está el **período**, que es el tiempo que se demora la masa en realizar una oscilación completa.

Se puede demostrar que el período de oscilación T de un péndulo simple está dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

Nótese que el período solo depende de la longitud del péndulo, y no de parámetros como la amplitud de las oscilaciones. Este hecho, descubierto por Galileo al observar las oscilaciones de una lámpara mientras asistía a misa (según cuenta la leyenda) en la catedral de Pisa, permitió que se desarrollen los relojes de péndulo.

Operando la ecuación (1) tenemos:

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

y considerando que la aceleración de la gravedad, g , es una constante, podemos darnos cuenta de que:

$$T \propto \sqrt{L} \quad (3)$$

5. PROCEDIMIENTO Y TABLAS DE DATOS

1. Hacer oscilar el cargador y tomar con los cronómetros el tiempo que se demora en realizar 10 oscilaciones completas. Anotar los datos en la tabla 1.
2. Repetir el paso anterior 6 veces, reduciendo sucesivamente la longitud del hilo y anotar los datos en la tabla 1. Medir en cada ocasión las respectivas longitudes y anotar los valores.

Tabla 1.

L [m]	t [s]					
1,66	26,35	26,25	26,34	26,82	26,08	26,49
1,60	25,72	25,88	25,62	25,91	25,81	25,41
1,50	24,94	24,97	25,12	24,89	24,88	25,02
1,40	24,00	23,97	23,94	23,72	24,08	23,95
1,27	23,04	22,91	22,90	22,87	22,54	22,72
1,00	20,37	20,34	20,43	20,44	20,42	20,35
0,87	18,69	18,69	18,90	18,75	18,70	18,75

6. TRABAJOS

1. Con los datos de la tabla 1 calcule el promedio de t para cada longitud del hilo. Anote los resultados en la tabla 2.
2. Con el valor de t calcule el período T de oscilación del cargador, considerando que t es el tiempo de 10 oscilaciones. Anote los resultados en la tabla 2.



Este sería el valor de T obtenido experimentalmente, lo que en la tabla 2 aparece como "Texp". Decimos que es un valor experimental porque para calcularlo solo se utilizaron los datos del experimento, sin intermediación de las ecuaciones de la teoría.

3. Calcule los valores de \sqrt{L} y anótelos en la tabla 2.
4. Utilizando la ecuación (1) calcule el valor de T . Utilice $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Anote sus resultados en la tabla 2.



Este sería el valor de T calculado teóricamente, lo que en la tabla 2 aparece como "T_{teórico}". Decimos que es un valor teórico porque para calcularlo se utilizó una ecuación de la teoría.

5. En una hoja de papel milimetrado grafique T vs. \sqrt{L} y calcule la pendiente.
6. Utilizando la ecuación (1) y el valor de la pendiente obtenido en el numeral anterior, calcule la aceleración de la gravedad en Quito. Anote su resultado en la tabla 3.
7. Calcule el error de la aceleración g obtenida en el trabajo 6, comparando con el valor usual de 9,8 m/s²

Tabla 2.

L [m]	\bar{t} [s]	T _{exp} [s]	\sqrt{L} [m ^{1/2}]	T _{teórico} [s]
1,66	26,388	2,639	1,288	2,586
1,60	25,725	2,573	1,265	2,533
1,50	24,970	2,497	1,225	2,458
1,40	23,943	2,394	1,183	2,375
1,27	22,830	2,283	1,127	2,262
1,00	20,392	2,039	1,000	2,007
0,87	18,747	1,875	0,933	1,872

Tabla 3.

g [m/s ²]	9,151	e=	6.62 %
-----------------------	-------	----	--------

7. PREGUNTAS

1. ¿Qué tipo de relación existe entre T y \sqrt{L} ?

Son directamente proporcionales

2. Escriba el concepto de período, frecuencia, frecuencia angular y amplitud de una oscilación.

Período: Tiempo que se demora en realizar una oscilación completa.

Frecuencia: Es el número de oscilaciones o ciclos durante un intervalo unitario de tiempo, generalmente 1 segundo.

Frecuencia angular: Es el número de oscilaciones o ciclos durante un intervalo de 2π segundos.

Amplitud: El recorrido o desviación máxima del sistema de su posición de medida se denomina amplitud.

3. ¿Cuál es el significado de la pendiente encontrada en el gráfico T vs. \sqrt{L} ?

• Puesto que T y \sqrt{L} son directamente proporcionales, podemos escribir:

$$T \propto \sqrt{L} \rightarrow \textcircled{1} \boxed{T = m\sqrt{L}}, \text{ donde } m \text{ es la pendiente}$$

• De la teoría sabemos que $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}\sqrt{L} \rightarrow \boxed{T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}\sqrt{L}} \textcircled{2}$

• Relacionando $\textcircled{1}$ y $\textcircled{2}$ podemos ver que: $\boxed{m = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}}$

TRABAJOS

① EJEMPLO DE CÁLCULO:

Para $L = 1,66$ [m]:

$$\bar{t} = \frac{26,35 + 26,25 + 26,34 + 26,82 + 26,08 + 26,49}{6} = 26,388 \text{ [s]}$$

② EJEMPLO DE CÁLCULO:

Para $L = 1,66$ [m]: $T = \frac{\bar{t}}{10} = \frac{26,388}{10} = 2,639$ [s] //

③ EJEMPLO DE CÁLCULO:

Para $L = 1,66$ [m]: $\sqrt{L} = \sqrt{1,66} = 1,288$ [m^{1/2}] //

④ Ver la hoja de papel milimetrado adjunta.

⑤ EJEMPLO DE CÁLCULO:

Para $L = 1,66$ [m]: $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1,66}{9,8}} = 2,586$ [s] //

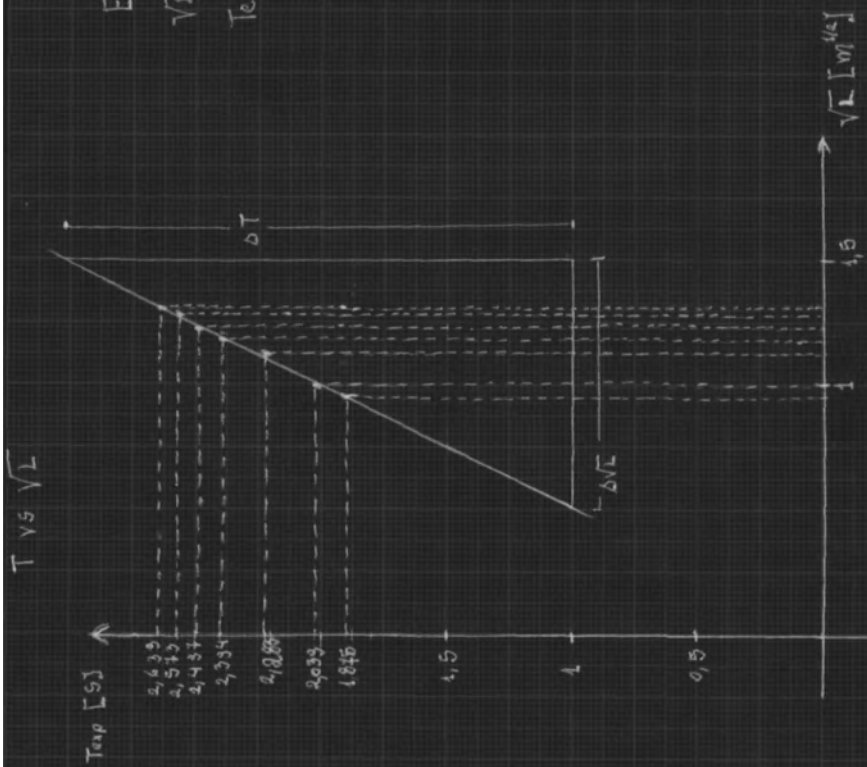
⑥ De la pregunta 3 tenemos que:

$$m = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \rightarrow g = \left(\frac{2\pi}{m}\right)^2 = \left(\frac{2\pi}{2,077}\right)^2 = 9,151 \text{ [m/s}^2\text{]} //$$

⑦ Error relativo = $\frac{|\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental}|}{\text{Valor teórico}} \times 100\%$

$$= \frac{|9,8 - 9,151|}{9,8} \times 100\%$$

$$= 6,62\% //$$



Escala:
 $\sqrt{L}: 4 \text{ cm} = 1 [\text{m}^{1/2}]$
 $T_{\text{exp}}: 4 \text{ cm} = 1 [\text{s}]$

Pendiente de la gráfica:

$$m = \frac{\Delta T}{\Delta \sqrt{L}}$$

$$\Delta T = 8,1 \text{ cm} \left| \frac{1 \text{ s}}{4 \text{ cm}} \right| = 2,025 [\text{s}] //$$

$$\Delta \sqrt{L} = 3,9 \text{ cm} \left| \frac{1 \text{ m}^{1/2}}{4 \text{ cm}} \right| = 0,975 [\text{m}^{1/2}] //$$

$$\Rightarrow m = \frac{2,025 [\text{s}]}{0,975 \text{ m}^{1/2}} = 2,077 \frac{\text{s}}{\text{m}^{1/2}}$$

8. CONCLUSIONES

1. El experimento nos ayudó a entender los conceptos del movimiento osculatorio, especialmente el del período, el cual constatamos es independiente de la amplitud de las oscilaciones.
2. Comparando los valores de $T_{exp.}$ con $T_{teórico}$, encontramos que son muy parecidos (los errores van desde 0,13% a 2,04%), lo que indica que la relación expresada en la ecuación (1) se cumplió con bastante exactitud en el experimento.
3. El valor de g obtenido fue de $9,151 \text{ [m/s}^2\text{]}$. El error obtenido (6,62%) es relativamente alto, seguramente debido a que el valor de referencia de $9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ es el valor que suele aparecer en los libros americanos. El valor de la gravedad en Quito debe ser menor debido a su mayor lejanía al centro de la Tierra.

9. RECOMENDACIONES

Las longitudes del hilo que se usaron en el experimento deberían cubrir un rango más amplio de valores. Esto haría más exacto el cálculo de la pendiente en el gráfico.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Blatt, F.J., "Fundamentos de Física", Tercera edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México D.F - México, 1991, pp. 367-370

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
LABORATORIO DE FÍSICA

PRÁCTICA No.

TITULO DE LA PRÁCTICA:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

GRUPO:

Espacio exclusivo para los profesores de laboratorio:

RECIBIDO POR: APROBADO POR:

OBSERVACIONES:

.....

.....

NOTA COLOQUIO

NOTA INFORME

NOTA DEFENSA

NOTA TOTAL:

1. OBJETIVO:

1. Familiarizar al estudiante con algunas magnitudes físicas básicas.
2. Capacitar al estudiante en la utilización de algunos de instrumentos de medida de laboratorio.
3. Familiarizar al estudiante con los conceptos de valor experimental (medido) y valor teórico (calculado).

2. MONTAJE:

1. Utilizando el pie de rey o calibrador, tomar las medidas necesarias para *calcular* el volumen de una prensa de varilla o nuez de laboratorio.
2. Utilizando el vaso de precipitación graduado *medir* el volumen de la nuez.
3. Utilizando la balanza de brazos medir la masa de la nuez.

3. EQUIPO DE LABORATORIO

1. Nuez de laboratorio.
2. Calibrador o pie de rey.
3. Balanza de brazos.
4. Perdigones.
5. Juego de masas de precisión.
6. Vasos de precipitación graduados, de 100 ml y 250 ml
7. Probeta con pie, graduada, de 50 ml
8. Recipiente de expansión.
9. Agua.
10. Hilo.

4. TEORÍA:

Medir. Es asignar un número a una magnitud física, comparándola con otra similar tomada como patrón y adoptada como unidad.

Magnitudes físicas. Son las características de los entes físicos que son susceptibles de ser medidas. Se clasifican en fundamentales y derivadas. Las magnitudes físicas fundamentales son: longitud, masa y tiempo. Algunas de las magnitudes físicas derivadas más importantes son: fuerza, densidad, volumen, velocidad, aceleración.

Apreciación. Definimos aquí la apreciación de un instrumento como el valor de la mínima división del instrumento si este es análogo o la última cifra significativa reportada en la pantalla (display) si este es digital. *Ejemplos:* La apreciación de una regla de medir es 1 mm. La apreciación de un reloj de manecillas es 1 s.

Capacidad. Definimos aquí la capacidad de un instrumento como la máxima cantidad que se puede medir directamente con el instrumento. *Ejemplos:* La capacidad de una regla de 30 cm es 30 cm. La capacidad de un graduador es 180°.

LONGITUD

Metro (m). La unidad de longitud del SI (Sistema Internacional de Unidades) es el metro. Se define como la longitud igual a $1'650.763,73$ veces la longitud de onda en el vacío de la radiación del átomo del isótopo ^{86}Kr (Criptón), al pasar del nivel $5d_5$ al nivel $2p_{10}$.

Pie de Rey o Calibrador. Es el aparato de precisión para medida de longitudes más utilizado. (Ver fig. 1). El pie de rey lleva un vernier o nonio, que sirve para aumentar la apreciación del instrumento a 0,1 mm. La escala del nonio consiste en 10 divisiones, sobre una longitud de la escala principal de 9 mm, cuando coinciden los ceros de las escalas. (Ver la fig. 2).

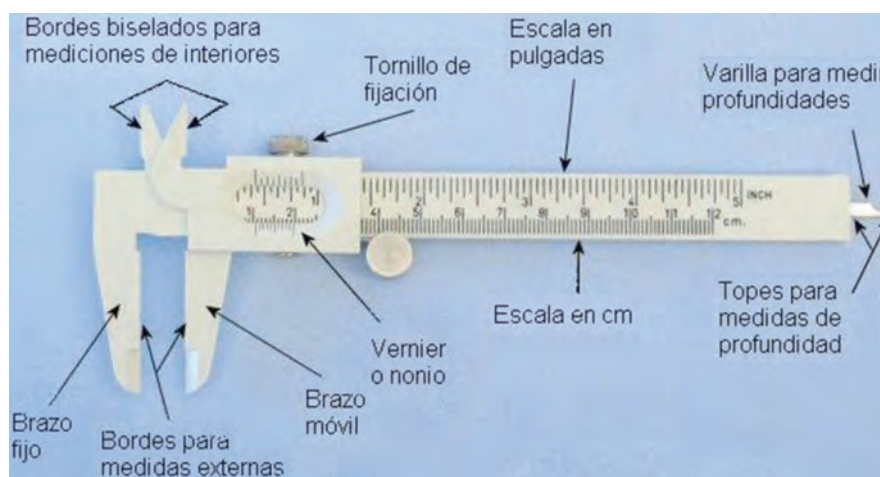


Fig. 1. Pie de rey. Descripción de las partes para mediciones de interiores y de fondos.

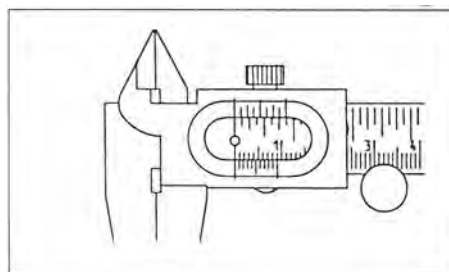


Fig. 2 Escala del nonio en posición cero (encerrado)

Lectura de las medidas con el pie de rey.

Una manera de medir un objeto con el pie de rey es ubicarlo entre los bordes (véase fig.3).

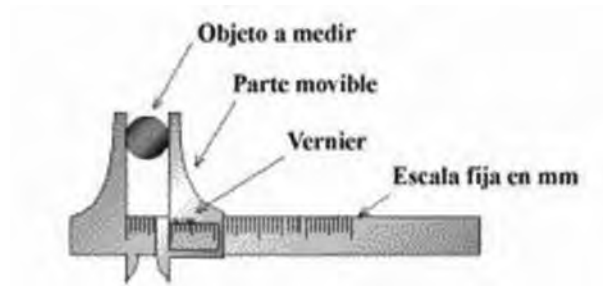


Fig. 3 Utilización de un calibrador para medidas externas

Para “leer” la medida se debe observar la escala fija y la escala del nonio. El primer dígito se obtiene de la escala fija, mientras el segundo se obtiene de la línea del vernier o nonio que coincide con una línea de la escala fija. Por ejemplo, la fig. 4(a) muestra una medida de 5,0 mm. El primer dígito (5) se ha leído en la escala fija, mientras que el segundo (0) corresponde a la línea del vernier señalada con una flecha, que es la única que coincide con una raya de la escala fija. En el caso de la fig. 4(b) la medida es de 5,1 mm. ¿Cuál es la medida que se lee en la fig. 4(c) ?

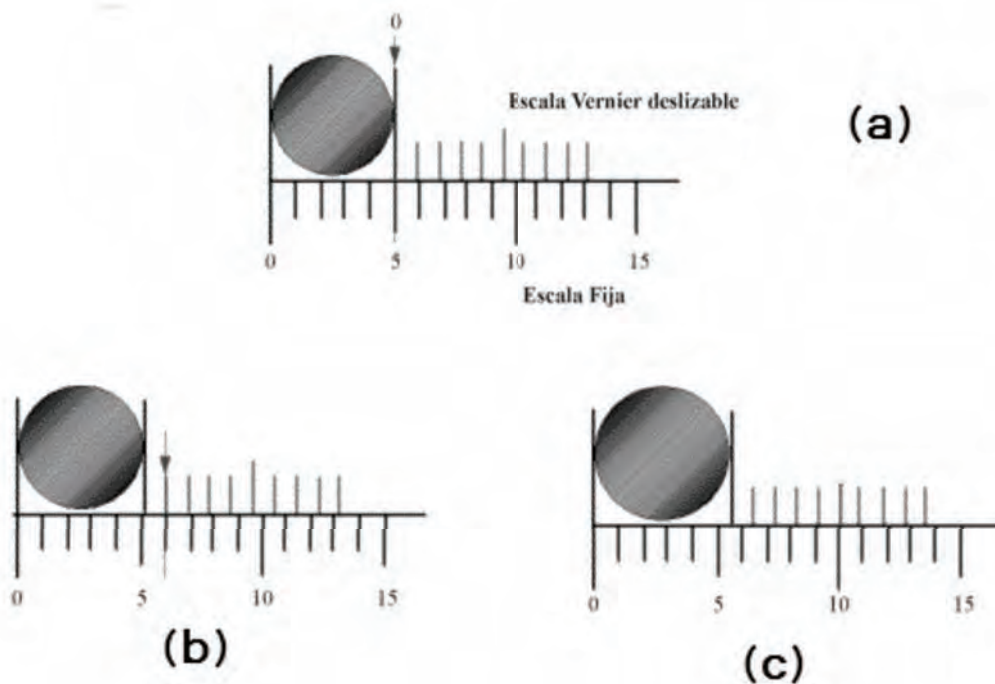


Fig. 4 Esquemas de mediciones tomadas con el pie de rey

La lógica de este proceso se ilustra a continuación (véase la fig. 5):

Representemos la escala fija por el segmento de recta AD y el nonio o vernier por el segmento ad . La parte (1) muestra al nonio en la posición "0" (encerado) y la parte (2) de manera que la línea "b" coincide con la línea "B". Puesto que la escala fija proviene de dividir 1 cm en 10 partes iguales (véase la fig. 2), los segmentos AB, BC, CD , etc., miden 1 mm. Y puesto que la escala del nonio proviene de dividir 9 mm en 10 partes iguales (véase la fig. 2), los segmentos ab, bc, cd , etc., miden $\frac{9}{10}$ mm.

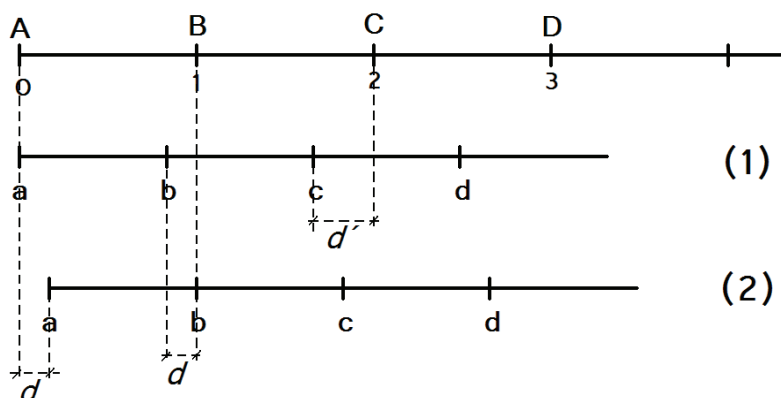


Fig. 5 Esquema de la escala fija y el nonio en dos diferentes posiciones.

Si, al medir un objeto, el nonio se desplaza hacia la posición mostrada en la parte (2), se observa que la línea b se ha desplazado una distancia d a partir de su posición inicial (lo mismo ocurre con la línea a y todas las demás). Evidentemente, esta distancia d es igual a:

$$d = \overline{AB} - \overline{ab} \quad (1)$$

Reemplazando valores:

$$d = 1 \text{ mm} - \frac{9}{10} \text{ mm} = \frac{1}{10} \text{ mm} = 0,1 \text{ mm}$$

En otro ejemplo, supongamos que al hacer la medición, la línea c termina coincidiendo con la línea C . Evidentemente, la distancia que ha debido recorrer es d' (ver fig. 5, parte 1). En este caso también podemos calcular d' :

$$d' = \overline{AC} - \overline{ac} = 2 \text{ mm} - 2 \left\| \frac{9}{10} \right\| \text{ mm} = 0,2 \text{ mm}$$

Un razonamiento análogo se puede aplicar a todas las demás líneas.

MASA

Kilogramo (g). La unidad fundamental de la masa en el SI es el kilogramo, definido como la masa de un cilindro determinado de aleación de platino-iridio que se conserva en el laboratorio internacional de pesas y medidas en Sèvres-Francia.

La balanza. Es una palanca de primer género (el punto de apoyo se encuentra entre la potencia y la resistencia) de brazos iguales, que estableciendo una situación de equilibrio entre los pesos de dos cuerpos permite medir las masas.

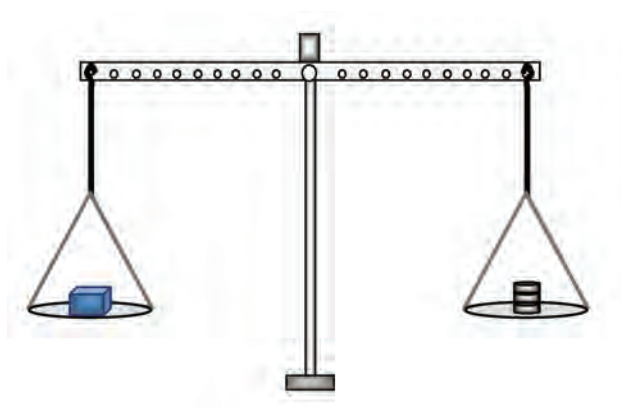


Fig. 6 Esquema de una balanza de brazos.

TIEMPO

Segundo (s). Es la unidad fundamental del tiempo en el SI. Se define como el tiempo igual a 9.192'631.770 períodos de radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del cesio-133, medidos a 0 K.

SUPERFICIE O AREA

Metro cuadrado (m²). Es la unidad del área en el SI, por definición es el área encerrada en un cuadrado cuyos lados miden un metro de largo.

VOLUMEN

Metro cúbico (m³). Es la unidad de volumen del SI y equivale a mil litros. Corresponde al volumen de un cubo que mide un metro de lado.

DENSIDAD

Es una medida de la cantidad de materia contenida en una cierta región del espacio. Por lo tanto, se define mediante la fórmula:

$$\delta = \frac{m}{v} \quad (2)$$

donde δ es la densidad, m es la masa y v es el volumen. En el SI, las unidades de densidad son $\frac{kg}{m^3}$

5. PROCEDIMIENTO Y TABLA DE DATOS:

5.1 Medición de longitudes

Empleando el calibrador medir en la nuez las longitudes indicadas en la fig. 7. Anotar los valores en la tabla 1.

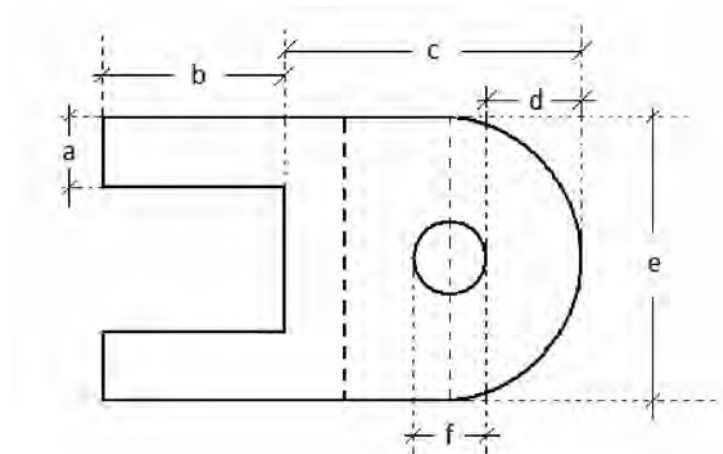


Fig. 7 Vista esquemática principal de la nuez

Tabla 1. Medidas tomadas de la nuez

	a [cm]	b [cm]	c [cm]	d [cm]	e [cm]	f [cm]
Promedio						

5.2 Medición de la masa

1. Armar la balanza de brazos.
2. Encerar la balanza utilizando los perdigones.
3. Medir la masa de la nuez.
4. Anotar el valor en la tabla 2.

Tabla 2.

Masa [kg]	
-----------	--

5.3 Medición del volumen

1. Colocar el vaso de precipitación graduado de 100 ml debajo del tubo de salida del recipiente de expansión.
2. Con el vaso de precipitación de 250 ml verter agua en el recipiente de expansión hasta que el agua se derrame por el tubo de salida y quede al ras.

3. Desocupar el vaso de 100 ml y volverlo a colocar debajo del tubo de salida del recipiente de expansión.
4. Atar la nuez con un trozo de hilo e introducirla cuidadosamente por medio de éste en el recipiente de expansión.
5. Medir el volumen del agua derramada en el vaso de 100 ml por medio de la probeta con pie.
6. Anotar el valor en la tabla 3.

Tabla 3.

Volumen [ml]	
--------------	--

5.4 Tabulación de características de los instrumentos de medición utilizados

Examine los instrumentos utilizados y llene la tabla 4.

Tabla 4.

INSTRUMENTO	APRECIACIÓN	CAPACIDAD
Pie de rey		
Balanza de brazos		
Probeta con pie		

6. TRABAJOS:

1. Con los datos de la tabla 1, dividiendo mentalmente la nuez en figuras geométricas simples como el cilindro y el paralelepípedo, calcule el volumen de la nuez.

2. Transforme el valor medido del volumen de la nuez (anotado en la tabla 3) a cm^3 y compárelo con el valor calculado (en el trabajo 1): ¿fueron iguales o al menos muy cercanos?

3. Calcule la densidad de la nuez por medio de la ecuación (2). Utilice el valor *medido* del volumen, y la masa anotada en la tabla 2.

4. Busque el material del que posiblemente está hecha la nuez consultando una tabla de densidades.

7. PREGUNTAS:

1. Si se hiciera una nuez del mismo tamaño y forma de la usada en el laboratorio, pero de *aluminio*, ¿su *densidad* será mayor, menor o igual?

2. Si se hiciera una nuez del mismo tamaño y forma de la usada en el laboratorio, pero de *aluminio*, ¿su *volumen* será mayor, menor o igual?

3. Si se hiciera una nuez del mismo tamaño y forma de la usada en el laboratorio, pero de *aluminio*, ¿su *masa* será mayor, menor o igual?

4. Si se hiciera una nuez del mismo material que la usada en el laboratorio, pero dos veces su tamaño, ¿su *densidad* será mayor, menor o igual?

5. Si se hiciera una nuez del mismo material que el usado en el laboratorio, pero el doble de grande, ¿su *volumen* será mayor, menor o igual?

6. Si se hiciera una nuez del mismo material que el usado en el laboratorio, pero el doble de grande, ¿su *masa* será mayor, menor o igual?

7. Si en lugar de usar agua ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$) en el experimento, se usara acetona ($\rho = 0,79 \text{ g/cm}^3$), ¿el volumen de líquido desalojado por la nuez sería mayor, menor o igual? Justifique su respuesta.

8. CONCLUSIONES

9. RECOMENDACIONES

10. BIBLIOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
LABORATORIO DE FÍSICA

PRÁCTICA No.

TITULO DE LA PRÁCTICA:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

GRUPO:

Espacio exclusivo para los profesores de laboratorio:

RECIBIDO POR: APROBADO POR:

OBSERVACIONES:

.....

.....

NOTA COLOQUIO

NOTA INFORME

NOTA DEFENSA

NOTA TOTAL:

1. OBJETIVO:

1. Aprender el análisis básico de datos obtenidos en un laboratorio.
2. Tratar estadísticamente conjuntos de datos, determinando los valores más probables de las magnitudes físicas y sus respectivos errores.

2. MONTAJE:

Parte I: Medición de Longitudes:

1. Utilizando los aparatos de medición de longitudes del laboratorio, medir las circunferencias (circf) y los diámetros (da) de varios objetos circulares. Tomar dos mediciones por cada dato.
2. Con los datos obtenidos calcular valores aproximados del número π .
3. Tratar estadísticamente los datos para obtener el error.

Parte II: Medición de Tiempos:

1. Utilizando cronómetro, medir el tiempo en el que un objeto recorre una cierta distancia en caída libre.
2. Repetir la medida 40 veces.
3. Tratar estadísticamente los datos para obtener el error.

3. EQUIPO DE LABORATORIO:

PARTE I. Medición de Longitudes:

1. Una moneda de 50 centavos y una de 10 centavos (traídas por los estudiantes).
2. Una polea loca.
3. Una mesa de fuerzas.
4. Un pie de rey.
5. Una regla de 100 cm.
6. Un flexómetro.
7. Sedal.

PARTE II. Medición de Tiempos:

1. Cinta métrica o flexómetro
2. Una cuerda
3. Pelota de tenis o de dimensiones parecidas (traída por los estudiantes)
4. Cronómetro

4. TEORÍA:

4.1 TEORÍA DE ERRORES:

Por varias causas, el proceso de medición de una magnitud física *siempre* conlleva errores, debidos a la limitada precisión de los aparatos de medida y los sentidos del observador, así como a otras razones intrínsecas de la estructura de la materia (fluctuaciones, indeterminación, etc.). Al efectuar una medición es *imposible* determinar el valor verdadero de la magnitud en cuestión. En lugar de ello, lo que se obtiene son valores aproximados que yacen dentro de un intervalo, dentro del cual se considera que está el valor verdadero o real de la medida.

Errores experimentales

Los errores experimentales se clasifican en errores sistemáticos y errores aleatorios.

Errores sistemáticos: Son aquellos que se caracterizan por ser constantes, o que varían de forma regular a través de las lecturas, sus principales causas son:

- El factor psicológico, que puede hacer que los resultados se ajusten a las intenciones del experimentador.
- Error de calibración de los aparatos de medida.
- Error de paralaje, que se genera cuando existe una separación entre el objeto que se quiere medir y la escala. Si la línea de visión no está en ángulo recto con la escala, la lectura que se obtenga será incompleta.
- Falta de encerado, que se genera cuando el cero de la escala está desgastado o se descuida el punto en donde realmente comienza la medida.
- El medio ambiente, que puede alterar las propiedades físicas de los aparatos de medición.

Este tipo de errores desplazan todas las medidas tomadas lejos del valor verdadero, por lo que se debe reducir al mínimo este tipo de errores.



Fig. 2 Medidas con errores sistemáticos; x_0 representa el valor verdadero.

Errores aleatorios: Son los errores generados por la misma naturaleza del universo, no los podemos evitar, varían de forma desconocida e incontrolable, están distribuidos al azar, no son reproducibles, reflejan la dispersión de la medida al repetirla. Si se reduce al mínimo los errores sistemáticos lo que nos queda es el error aleatorio, y este se distribuye alrededor del valor verdadero de la medida.

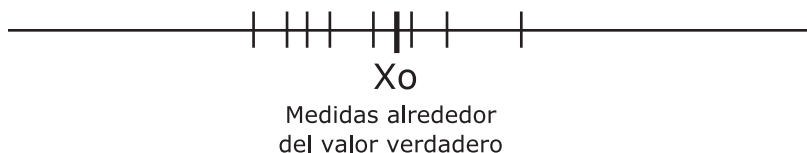


Fig. 3 Medidas con errores aleatorios, x_0 representa el valor verdadero.

4.2 CÁLCULO DE ERRORES:

Los resultados experimentales en un laboratorio se deben presentar con el siguiente esquema:

$$x = x_{mp} \pm \text{error absoluto} \quad (1)$$

donde:

x es el valor experimental de la magnitud medida, y
 x_{mp} es el valor más probable.

Por ejemplo se ha medido la altura de una mesa, y se expresa el resultado como $40 \pm 0,5$ [cm]. El valor de 40cm será el *valor más probable* de la altura de la mesa, el valor de 0,5 es el *error absoluto* y la expresión quiere decir que el valor verdadero de la altura de la mesa está en algún lugar entre 39,5 cm y 40,5 cm.

Valor más probable

De acuerdo a la naturaleza del experimento, se puede tomar como *valor más probable* bien al promedio de los datos obtenidos, o bien a un valor referencial.

Promedio: Sean $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ los valores obtenidos en un experimento. Se define el *promedio* o *media aritmética*, como:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

Valor referencial: Es un valor que puede ser tomado de experimentos previos hechos por el mismo o por otros experimentadores, siempre que estos experimentos sean confiables. También pueden considerarse como valores referenciales aquellos obtenidos a partir de la teoría.

Cálculo del Error

Para el cálculo de errores debemos considerar dos tipos de errores, el absoluto y el relativo.

Error absoluto: Evalúa qué tan alejado está el valor tomado en el experimento, del *valor más probable*. Para este tipo de error tenemos los siguientes casos:

CASO 1. *Cuando se ha tomado una sola medida.* El error es igual en este caso a la apreciación del instrumento utilizado. Por ejemplo, al medir una longitud con una regla de 30 cm, el error sería de 1 mm.

Una mejor manera de estimar el error absoluto obtenido con una sola medida es mediante la diferencia entre el valor medido y el valor más probable (valor referencial):

$$\epsilon = |x_{medido} - x_{mp}| \quad (3)$$

CASO 2. Cuando se han tomado de 2 a 4 medidas. El error está dado en este caso por la desviación media, así:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n |(x_i - \bar{x})|}{n} \quad (4)$$

CASO 3. Cuando se han tomado de 5 a 25 medidas. El error está dado en este caso por la desviación cuadrática media, así:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (5)$$

CASO 4. Cuando se han tomado más de 25 medidas. El error está dado en este caso por el error más probable, así:

$$\epsilon_P = 0,6745 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (6)$$

El error absoluto está dado en las mismas unidades en las que se han tomado las medidas.

Error relativo: Es el cociente (la división) entre el error absoluto y el valor más probable, así:

$$\text{error relativo } (e_r) = \frac{\text{error absoluto}}{\text{valor más probable}} \quad (7)$$

Evidentemente el error relativo es adimensional, y se lo puede expresar en porcentaje si se lo multiplica por el 100%.

5. PROCEDIMIENTO Y TABLA DE DATOS:

5.1 Medición de longitudes:

1. Utilizando los instrumentos de medición de longitudes (pie de rey, regla, flexómetro) y el sedal, medir las circunferencias (circf) de diferentes objetos circulares y anotarlos en la tabla 1.
2. Repetir las medidas tres veces y anotar los valores en la tabla 1.
3. Utilizando los instrumentos de medir longitudes (pie de rey, regla, flexómetro) y el sedal, medir los diámetros (da) de diferentes objetos circulares y anotarlos en la tabla 1.
4. Repetir las medidas tres veces y anote los valores en la tabla 1.

Tabla 1. Medidas de diferentes objetos circulares.

n	OBJETO	INSTRUMENTO	circunferencia [cm]			diámetro [cm]		
1	Moneda 10 ctvs.	Pie de rey, regla.						
2	Moneda 50 ctvs.	Pie de rey, regla.						
3	Polea loca	Pie de rey, regla.						
4	Mesa de fuerzas	Pie de rey, regla.						

5.2 Medición de tiempos:

1. Desde una altura aproximada de 3m dejar caer la pelota.
2. Medir esta distancia y anotarla en la Tabla 2
3. Con el cronómetro medir el tiempo de caída y anotarla en la Tabla 2
4. Repetir el procedimiento 40 veces.

Tabla 2. Tiempos de un objeto en caída libre.

Tiempo [s]	d=	Tiempo [s]	d=
t ₁		t ₂₁	
t ₂		t ₂₂	
t ₃		t ₂₃	
t ₄		t ₂₄	
t ₅		t ₂₅	
t ₆		t ₂₆	
t ₇		t ₂₇	
t ₈		t ₂₈	
t ₉		t ₂₉	
t ₁₀		t ₃₀	
t ₁₁		t ₃₁	
t ₁₂		t ₃₂	
t ₁₃		t ₃₃	
t ₁₄		t ₃₄	
t ₁₅		t ₃₅	
t ₁₆		t ₃₆	
t ₁₇		t ₃₇	
t ₁₈		t ₃₈	
t ₁₉		t ₃₉	
t ₂₀		t ₄₀	

6. TRABAJOS:

1. Con los datos de la tabla 1 calcular el promedio de la circunferencia (circf) y del diámetro (da) para cada objeto medido. Anotar los resultados en la tabla 3.
2. Con los promedios calculados obtenga el valor de π en cada caso, utilizando la definición siguiente:

$$\pi = \frac{\text{circunferencia}}{\text{diámetro}} \quad (8)$$

Anote los resultados en la tabla 3, con 5 decimales.

3. Calcule el error absoluto obtenido en cada caso y anote sus resultados, con 5 cifras decimales en la tabla 3.
4. Obtenga el error relativo utilizando la ecuación (7). Tome como valor más probable el valor referencial dado por las calculadoras. Utilice 5 cifras decimales. Exprese el error en porcentaje y anote sus resultados en la tabla 3.
5. Siguiendo el esquema expresado por la ecuación (1), anote en la tabla 3 el valor experimental de π obtenido en cada caso.

Tabla 3. Circunferencias y diámetros promedio, valores de π y errores

n	OBJETO	CIRCF [cm]	DA [cm]	$\bar{\pi}$	ERROR ABSOLUTO	e_r porcentual	VALOR EXPERIMENTAL DE $\bar{\pi}$
1	Moneda 10 ctvs.						
2	Moneda 50 ctvs.						
3	Polea loca						
4	Mesa de fuerzas						

6. Con los datos de la tabla 2, obtenga el promedio de t . Anote su resultado en la tabla 4. (*Sugerencia: utilice un programa informático para realizar los cálculos*).
7. Con los datos de la tabla 2 obtenga el error absoluto. Anote su resultado en la tabla 4 con 3 decimales.
8. Obtenga el error relativo utilizando la ecuación (7). Tome como valor más probable el promedio de sus datos. Utilice 3 cifras decimales. Exprese el error en porcentaje y anote sus resultados en la tabla 4.

9. Siguiendo el esquema expresado por la ecuación (1), anote en la tabla 4 el valor experimental de t obtenido en este experimento.

Tabla 4.

t PROMEDIO [s]	ERROR ABSOLUTO	e_r porcentual	VALOR EXPERIMENTAL DE t [s]

7. PREGUNTAS:

1. ¿Cuál sería el error obtenido si usted mide el largo de una mesa con un flexómetro, una sola vez?
2. Compare los valores experimentales de π en cada caso, con el valor que da la calculadora. ¿En cuál caso se obtuvo el menor error? ¿En cuál el mayor?
3. Con referencia al experimento de la parte 1, ¿existió alguna relación entre el tamaño del objeto y el error obtenido?
4. Consulte los conceptos de exactitud y precisión.

5. Tomando en cuenta el error obtenido en la medición de tiempos, ¿considera usted que el cronómetro fue muy preciso?

8. CONCLUSIONES:

9. RECOMENDACIONES:

10. BIBLIOGRAFÍA:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
LABORATORIO DE FÍSICA

PRÁCTICA No.

TITULO DE LA PRÁCTICA:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

GRUPO:

Espacio exclusivo para los profesores de laboratorio:

RECIBIDO POR: APROBADO POR:

OBSERVACIONES:

.....

.....

NOTA COLOQUIO

NOTA INFORME

NOTA DEFENSA

NOTA TOTAL:

1. OBJETIVOS:

1. Comprobar la existencia de leyes naturales que relacionan las magnitudes físicas y que se expresan matemáticamente por medio de funciones.
2. Analizar gráficamente los resultados obtenidos experimentalmente en el laboratorio.
3. Identificar a partir de los gráficos, las funciones entre los parámetros medidos en los experimentos.

2. MONTAJE:

Parte I: Deformación de un resorte:

1. Medir las elongaciones producidas en un resorte al colgar de él trece diferentes masas de valores conocidos.
2. Con los datos obtenidos realizar una gráfica de peso vs. elongación.
3. Analizar la gráfica obtenida.

Parte II: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado:

1. Medir el tiempo que se demora un móvil viajando con Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV) al recorrer diferentes distancias.
2. Con los datos obtenidos realizar una gráfica de distancia recorrida vs. tiempo.
3. Analizar la gráfica obtenida.

3. EQUIPO DE LABORATORIO

PARTE I. Deformación de un resorte:

1. Un resorte.
2. Un soporte universal con nuez.
3. Dinamómetros.
4. Platillo para masas de ranura (10 gr.).
5. Diferentes masas.
6. Flexómetro.
7. Varillas

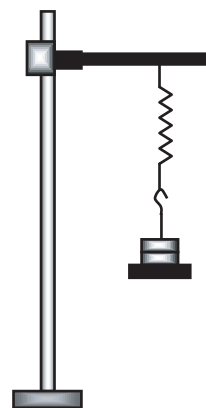


Fig 1. Esquema de la deformación de un resorte.

PARTE II. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado:

1. Carril de 1 m de longitud.
2. Carro de pruebas.
3. Pasador de sujeción
4. Polea loca, $D = 65 \text{ mm}$
5. Mango para polea
6. Masas de ranura de 50 y 1 g.
7. Platillo para masas de ranura, 1g
8. Flexómetro
9. Sedal
10. Cronometro

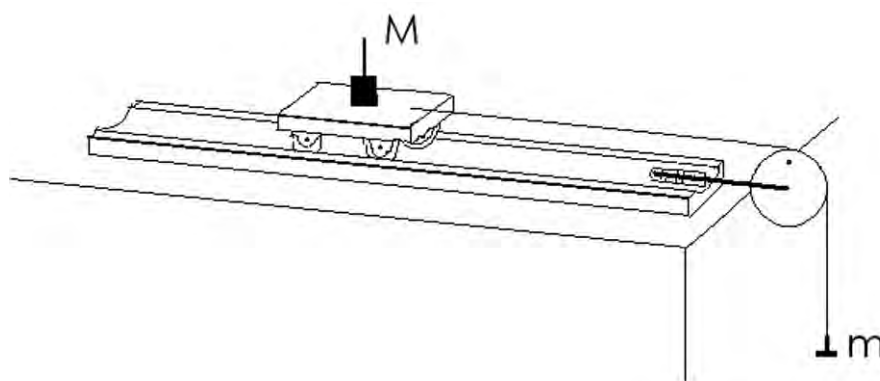


Fig. 2 Equipo para la parte II, Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

4. TEORÍA:

4.1. RELACIONES Y FUNCIONES

Desde hace mucho tiempo atrás los científicos han descubierto que las distintas magnitudes que se pueden medir en un experimento físico (como por ejemplo la longitud de un resorte deformado y el peso que ha producido esa deformación) están generalmente relacionadas entre sí. Es decir, existe una dependencia entre los valores que puede tomar una de las magnitudes y los valores que puede tomar la otra.

Esta relación o dependencia puede expresarse por medio del concepto de *función*, que matemáticamente está dada por una *ecuación* que incluye a ambas variables.

Entre las relaciones más simples que se pueden encontrar en los experimentos físicos están las relaciones de tipo lineal, cuadrática y polinómica, que estudiamos a continuación.

Relación Lineal.

Es cuando dos magnitudes se relacionan de tal manera que si, por ejemplo, la una se duplica, la otra también lo hace. Esta relación está expresada por la función:

$$y = mx + b \quad (1)$$

y su gráfica es una línea recta, como se muestra en el esquema (a) de la fig. 3. En la ecuación (1), m es la pendiente y b es el punto de corte de la gráfica con el eje de las ordenadas (eje y).

Relación Cuadrática.

Matemáticamente está dada por una función cuadrática:

$$y = ax^2 + bx + c \quad (2)$$

Y su gráfica es una parábola, como se muestra en el esquema (b) de la fig. 3

Relación Polinómica:

Si dos magnitudes pueden ser expresadas como

$y = a_0$; entonces la gráfica será una línea recta, paralela al eje x .

$y = a_0 + a_1 x$; entonces la gráfica será una línea recta (fig. 3-a) con cualquier pendiente.

$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$; entonces la gráfica será una parábola (fig. 3-b).

Generalizando, una relación polinómica puede ser expresada como:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \dots \quad (3)$$

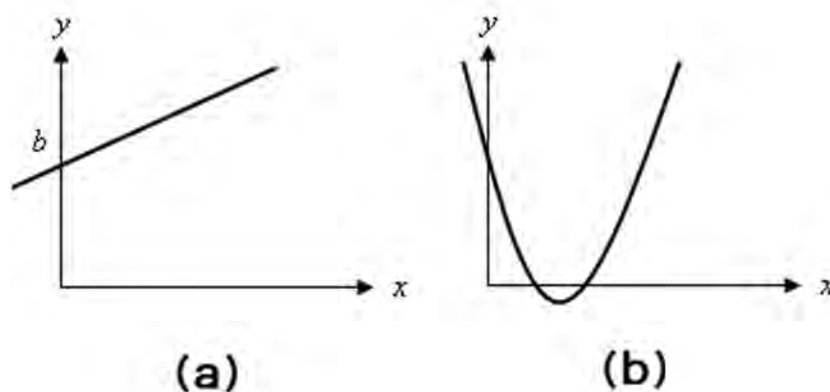


Fig. 3 Esquemas gráficos de las relaciones (a) lineal; y, (b) cuadrática

5. PROCEDIMIENTO Y TABLA DE DATOS:

5.1 Relación lineal: Deformación de un resorte

1. Utilizando el flexómetro medir la longitud inicial (x_0) del resorte colgado en el pedestal y anotar-la en la tabla 1.
2. Con el flexómetro tomar la longitud del resorte al ser colgado el portamasas vacío (10 g), y anotar el valor en la tabla 1.
3. Con el dinamómetro medir el peso de la masa colgada y anotarlo en la tabla 1.
4. Repetir este procedimiento 13 veces, agregando en cada ocasión una masa de 5 g. al portamasas.
5. Calcular la elongación ($\Delta x = x - x_0$) del resorte para cada peso y anotar los resultados en la tabla 1.

Tabla 1. Deformaciones del resorte producto de 14 pesos diferentes.

$x_0 =$ [cm]

PESO [N]	LONGITUD [cm]	ELONGACION [cm]
$W_1 =$	$x_1 =$	$\Delta x_1 =$
$W_2 =$	$x_2 =$	$\Delta x_2 =$
$W_3 =$	$x_3 =$	$\Delta x_3 =$
$W_4 =$	$x_4 =$	$\Delta x_4 =$
$W_5 =$	$x_5 =$	$\Delta x_5 =$
$W_6 =$	$x_6 =$	$\Delta x_6 =$
$W_7 =$	$x_7 =$	$\Delta x_7 =$
$W_8 =$	$x_8 =$	$\Delta x_8 =$
$W_9 =$	$x_9 =$	$\Delta x_9 =$
$W_{10} =$	$x_{10} =$	$\Delta x_{10} =$
$W_{11} =$	$x_{11} =$	$\Delta x_{11} =$
$W_{12} =$	$x_{12} =$	$\Delta x_{12} =$
$W_{13} =$	$x_{13} =$	$\Delta x_{13} =$
$W_{14} =$	$x_{14} =$	$\Delta x_{14} =$

5.2 Relación cuadrática: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

1. Sobre el carro de pruebas (cuya masa es 50 g) ubicar una masa de 150 g, de manera que $M = 200$ g. (Véase la Fig. 2).
2. Sobre el platillo para masas de ranura (cuya masa es de 1 g) ubicar una masa de 2 g, de manera que $m = 3$ g. (Véase la Fig. 2).
3. Marcar sobre el carril, con un lápiz, las posiciones extremas donde puede estar el carro. Éstas posiciones deben ser: a) aquella para la cual la masa m toca el piso; y, b) aquella que se encuentra a 80 cm de la posición descrita en (a).
4. Dividir la distancia entre las posiciones extremas en 10 partes iguales. Marcar las divisiones sobre el carril con un lápiz.
5. Desde cada una de las posiciones marcadas en el carril soltar el carro de pruebas, desde el reposo. Tomar el tiempo que se demora en llegar a la posición extrema descrita en 3(a). Este tiempo debe ser tomado por 5 estudiantes con cronómetro. Anotar los valores en la Tabla 2.

Tabla 2. Distancias recorridas y tiempos empleados por el carro en MRUV.

Distancia [m]	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
$d_1 = 0,80$					
$d_2 = 0,72$					
$d_3 = 0,64$					
$d_4 = 0,56$					
$d_5 = 0,48$					
$d_6 = 0,40$					
$d_7 = 0,32$					
$d_8 = 0,24$					
$d_9 = 0,16$					
$d_{10} = 0,08$					

6. TRABAJOS:

1. Con los datos de la tabla 1 graficar **el peso vs. elongación del resorte** ($P = f(\Delta x)$), en papel milimetrado.
2. Calcular la pendiente de la gráfica del trabajo 1.
3. Encuentre la función que describe la gráfica del trabajo 1, determinando los valores de m y b de la ecuación (1).
4. Con los datos de la Tabla 1 graficar la **elongación del resorte vs. el peso** ($\Delta x = f(P)$), en papel milimetrado.
5. Calcular la pendiente de la gráfica del trabajo 4.
6. Encuentre la función que describe la gráfica del trabajo 4, determinando los valores de m y b de la ecuación (1).
7. Con los datos de la Tabla 2 realizar un gráfico de distancia vs. tiempo.

7. PREGUNTAS:

1. ¿Qué tipo de relación corresponde a la gráfica del trabajo 1?

8. CONCLUSIONES

9. RECOMENDACIONES

10. BIBLIOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
LABORATORIO DE FÍSICA

PRÁCTICA No.

TITULO DE LA PRÁCTICA:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

GRUPO:

Espacio exclusivo para los profesores de laboratorio:

RECIBIDO POR: APROBADO POR:

OBSERVACIONES:

.....

.....

NOTA COLOQUIO

NOTA INFORME

NOTA DEFENSA

NOTA TOTAL:

1. OBJETIVO:

1. Visualizar lo que es un vector, identificando su magnitud y dirección.
2. Comprobar la validez de los métodos del polígono y del paralelogramo para sumar vectores.
3. Comprobar el equilibrio de fuerzas en un sistema en reposo.

2. MONTAJE

Parte I. Variación de ángulos:

1. Montar un sistema de tres fuerzas no colineales en el laboratorio.
2. Manteniendo constantes las fuerzas, variar los ángulos entre ellas, hasta tener cuatro valores de ángulos.
3. Graficar los resultados y analizarlos.

Parte II. Variación de la fuerza:

1. Montar un sistema de tres fuerzas no colineales en el laboratorio.
2. Manteniendo constantes los ángulos del sistema, variar una de las fuerzas añadiendo masas, hasta tener cinco valores diferentes de fuerzas.
3. Graficar los resultados y analizarlos.

3. EQUIPO DE LABORATORIO:

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Pie estático | 8. Dinamómetro, 1N |
| 2. Varillas de soporte de 600 mm | 9. Dinamómetro, 2N |
| 3. Varillas de soporte con orificio, 100 mm | 10. Soportes para dinamómetros |
| 4. Nueces dobles | 11. Cinta métrica, 2m |
| 5. Platillo para masas de ranura, 10 g | 12. Sedal |
| 6. Masas de ranura, 10g | 13. Disco graduado |
| 7. Masa de ranura 50g | 14. Tijeras |

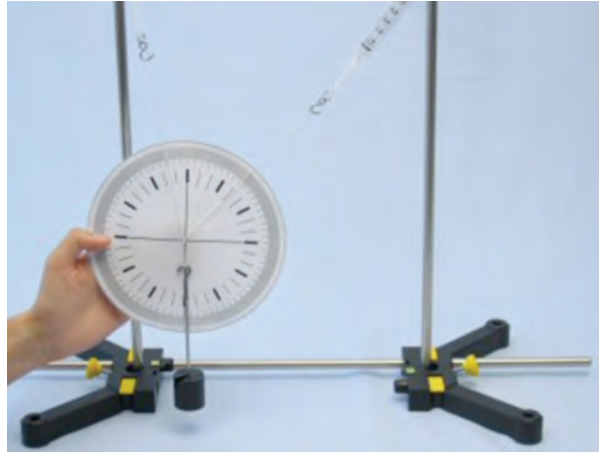


Fig 1. Experimento de Suma de Vectores

4. TEORÍA: VECTORES

Vector es un ente matemático que tiene magnitud y dirección¹, como se muestra en el ejemplo de la fig. 2. Se lo representa por una flecha y sirve para describir magnitudes “vectoriales”, como son la *velocidad*, la *aceleración*, y como en el caso del presente experimento, las *fuerzas*.

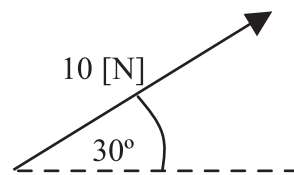


Fig. 2. Partes de un Vector cuya magnitud o “tamaño” será 10[N], dirección o ángulo de inclinación: 30°.

La *fuerza* es una magnitud vectorial que se mide, según el SI² en *Newtons*, representados por la letra N.

SUMA DE VECTORES

Cuando dos fuerzas actúan a la vez sobre un cuerpo, su efecto se puede medir por medio del vector resultante de la *suma* de los dos vectores fuerza.

Esta suma depende tanto de la magnitud de las fuerzas como de su dirección. Si, por ejemplo, sobre un cuerpo se aplica una fuerza F_1 de 3[N] y después otra fuerza F_2 de 3[N], *no* se puede afirmar que la fuerza resultante de esta suma sea $F_R=6[N]$, debido a que no se conoce la dirección con la que fueron aplicadas estas fuerzas. Si éstas hubiesen llevado una dirección contraria la fuerza resultante sería cero.

En general, cuando un conjunto de fuerzas se equilibra entre sí, el cuerpo sobre el que éstas se aplican permanece en reposo. Se dice entonces que el sistema se encuentra *en equilibrio*. En este caso, la suma de las fuerzas aplicadas será igual a cero.

¹ La dirección incluye el concepto de “sentido” muchas veces utilizado y que se determina por la cabeza de flecha del vector.

² Sistema Internacional de Medidas

Método analítico. Se define la suma como el vector cuyas componentes son iguales a la suma de las componentes de los vectores originales. Si, por ejemplo, $\vec{A} = 3\vec{i} - 5\vec{j}$ y $\vec{B} = 4\vec{i} - 2\vec{j}$, entonces: $\vec{A} + \vec{B} = (3 + 4)\vec{i} + (-5 + 2)\vec{j} = 7\vec{i} - 3\vec{j}$. Este método para sumar vectores se denomina *método analítico*.

Además del método analítico de suma de vectores se conocen dos métodos *gráficos*: el método del *paralelogramo* y el del *polígono*.

Método del paralelogramo. Se utiliza para sumar vectores de dos en dos, haciéndolos partir de un mismo punto. Se procede a trasladar cada vector al final del otro, construyendo un paralelogramo³. La suma, \vec{F}_R , de los dos vectores será la diagonal principal del paralelogramo (véase la fig. 3).

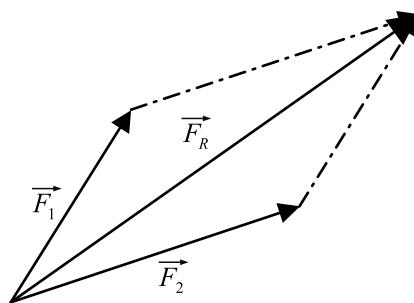


Fig. 3 Suma de dos Vectores por el método del Paralelogramo

Método del polígono. Se puede usar para sumar dos o más vectores al mismo tiempo, colocándolos uno a continuación del otro. El vector resultante irá desde el inicio del primer vector hasta el final del último (véase la fig. 4).

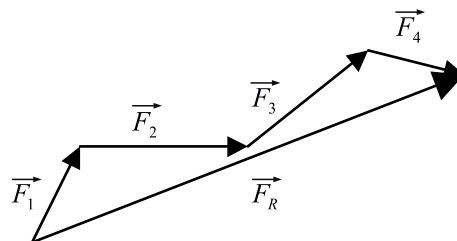


Fig. 4. Suma de varios Vectores utilizando el método del polígono.

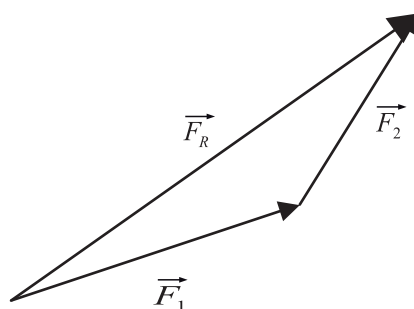


Fig. 5. Suma de dos vectores utilizando el método del polígono.

³ Cuadrilátero cuyos lados opuestos son paralelos.

Se puede observar cómo ambos métodos son equivalentes, es decir, por cualquiera de los dos se debe llegar al mismo resultado.

LEY DE COSENOS

En el caso de tener dos vectores de los cuales se conoce sus magnitudes y el ángulo entre ellos, se puede aplicar la *ley de cosenos* para encontrar analíticamente la magnitud de la fuerza resultante. En el ejemplo de la fig. 5, estas magnitudes son F_1 y F_2 , y el ángulo entre los vectores, α . En este caso, la ley de cosenos se expresaría como:

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos \alpha} \quad (1)$$

5. PROCEDIMIENTO Y TABLA DE DATOS:

5.1 Variación de ángulos

1. Cuelgue el platillo para masas de los dos dinamómetros, en el lazo central del sedal, con una carga total de 100g
2. Coloque a la misma altura las nueces dobles que sujetan a los dinamómetros.
3. Coloque el disco graduado de forma que su centro coincida con el punto en el que está colgada la masa, y la dirección del peso coincida con uno de los ejes. (véase la fig. 6).

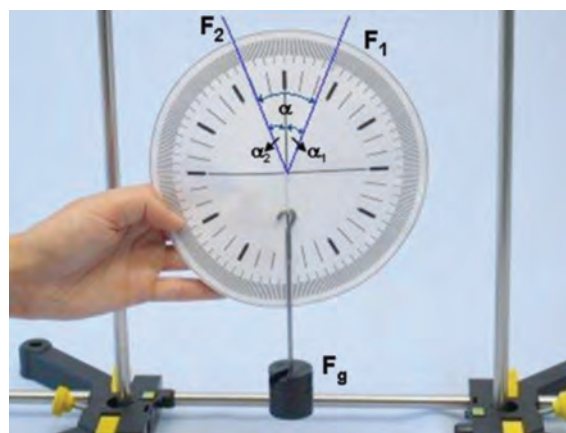


Fig. 6. Detalle de la colocación del disco graduado.

4. Desplace el dinamómetro de 1 N en su soporte hasta que los ángulos que formen las fuerzas F_1 y F_2 con la vertical sean iguales.
5. Moviéndolo adecuadamente una de las dos varillas de soporte forme aproximadamente los ángulos α_1 y α_2 dados en la tabla 1.
6. Lea en cada caso las fuerzas F_1 y F_2 . Anote los valores en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de las medidas $m=100\text{g}$

α_1 [°]	α_2 [°]	F_1 [N]	F_2 [N]
20	20		
30	30		
40	40		
50	50		

7. Repita el procedimiento dos veces más, y llene las tablas 2 y 3.

Tabla 2.

α_1 [°]	α_2 [°]	F_1 [N]	F_2 [N]
20	20		
30	30		
40	40		
50	50		

Tabla 3.

α_1 [°]	α_2 [°]	F_1 [N]	F_2 [N]
20	20		
30	30		
40	40		
50	50		

5.2 Variación de la fuerza

1. Partiendo de 45 g, varíe el peso en el portamasas colocando diferentes masas como indica la tabla 4. Aquí, α es el ángulo *entre las dos fuerzas* \vec{F}_1 y \vec{F}_2
2. Repita el procedimiento 2 veces más, llenando las tablas 5 y 6.

Tabla 4. Resultados de las medidas

m [g]	α [°]	F_1 [N]	F_2 [N]
45	40		
55	40		
70	40		
90	40		
115	40		

Tabla 5.

m [g]	α [°]	F_1 [N]	F_2 [N]
45	40		
55	40		
70	40		
90	40		
115	40		

Tabla 6.

m [g]	α [°]	F_1 [N]	F_2 [N]
45	40		
55	40		
70	40		
90	40		
115	40		

6. TRABAJOS

1. Calcule el valor más probable de las fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 de las tablas 1, 2 y 3; y anótelos en la tabla 7.
2. En papel milimetrado, *utilizando el método del paralelogramo* con los valores más probables de \vec{F}_1 y \vec{F}_2 , determine en cada caso el módulo de la fuerza resultante, \vec{F}_R , estableciendo la escala 1 N = 10 cm y llene la tabla 7. (Adjunte las hojas).
3. Realice el cálculo de \vec{F}_R analíticamente utilizando la ecuación (1) y anote los valores en la tabla 7.

Tabla 7.

α_1 [°]	α_2 [°]	F_1 [N]	F_2 [N]	F_R [N] gráficamente	F_R [N] analíticamente
20	20				
30	30				
40	40				
50	50				

4. Calcule el promedio de los valores de F_R obtenidos gráfica y analíticamente, y el error ρ de cada uno y anótelos a continuación:

F_R [N] gráficamente $\pm \rho$	F_R [N] analíticamente $\pm \rho$

5. Encuentre \vec{F}_g (peso): $\vec{F}_g = \text{_____}$ [N]
6. Calcule el valor más probable de las fuerzas F_1 y F_2 de las tablas 4, 5 y 6; y anótelo en la tabla 8.
7. En papel milimetrado, *utilizando el método del polígono* determine en cada caso el módulo de la fuerza resultante, \vec{F}_R , estableciendo la escala 1 N = 10 cm y llene la tabla 8. (Adjunte las hojas).
8. Realice el cálculo de \vec{F}_R analíticamente utilizando la ecuación (1), y anote los valores en la tabla 8.
9. Encuentre \vec{F}_g (peso) para cada masa y anótelo en la tabla 8.

Tabla 8.

m [g]	α [°]	F_1 [N]	F_2 [N]	F_R [N] gráficamente	F_R [N] analíticamente	F_g [N]
45	40					
55	40					
70	40					
90	40					
115	40					

7. PREGUNTAS:

1. ¿Qué puede concluir al comparar los valores de \vec{F}_R analítico y gráfico obtenidos en el trabajo 4?
¿Qué puede concluir al comparar los valores de \vec{F}_R gráfico y \vec{F}_g obtenidos en los trabajos 4 y 5?

2. ¿Qué puede concluir al comparar los valores de \vec{F}_R analítico y gráfico anotados en la tabla 8? ¿Qué puede concluir al comparar los valores de \vec{F}_R gráfico y \vec{F}_g de la misma tabla?

3. ¿Qué es Equilibrio? ¿Estuvo el sistema montado en el laboratorio en equilibrio? ¿Por qué?

8. CONCLUSIONES

9. RECOMENDACIONES

10. BIBLIOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
LABORATORIO DE FÍSICA

PRÁCTICA No.

TITULO DE LA PRÁCTICA:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

GRUPO:

Espacio exclusivo para los profesores de laboratorio:

RECIBIDO POR: APROBADO POR:

OBSERVACIONES:

.....

.....

NOTA COLOQUIO

NOTA INFORME

NOTA DEFENSA

NOTA TOTAL:

1. OBJETIVO:

1. Caracterizar los movimientos rectilíneos en posición, velocidad y aceleración
2. Modelar experimentalmente un MRUV, en el que la aceleración se genere por la acción de fuerzas, sin considerar pérdidas por rozamiento.
3. Generar las gráficas de posición, velocidad y aceleración vs. el tiempo e interpretar a partir de éstas el fenómeno físico.

2. MONTAJE:

1. Monte el experimento según la Fig. 1:

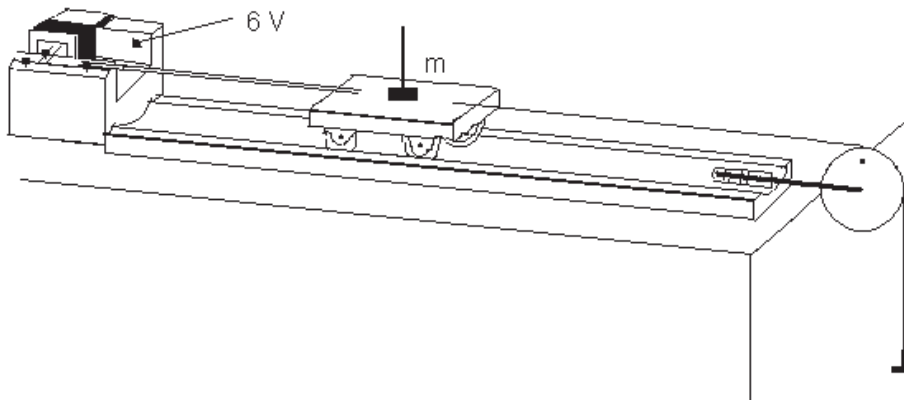


Fig.1 Experimento para movimiento rectilíneo uniformemente acelerado con carro y masas

2. Coloque la polea con su mango en el soporte del carril. Colóquela justo para que no roce con el borde de la mesa, como en la Fig. 1
3. Pase la cinta registradora entre las guías del generador de marcas de tiempo con la parte brillante del papel mirando hacia arriba.
4. Pegue la cinta registradora con la cinta adhesiva en el centro de uno de los extremos del carro.
5. Ponga una masa de 100 g en el pasador de sujeción del carro.

6. Coloque el carro en el carril junto al generador de marcas de tiempo. Tense la cinta registradora, que debe ir exactamente como prolongación del carro.
7. Apriete el tornillo de ajuste del carril hasta que el carro, con la cinta registradora, ruede uniformemente por él (para compensar las fuerzas de rozamiento).

3. EQUIPO DE LABORATORIO:

1. Carro para medidas y experimentos
2. Generador de marcas de tiempo
3. Cinta registradora
4. Pasador de sujeción
5. Masas de ranura de 50 y 1 g.
6. Platillo para masas de ranura, 1g
7. Polea loca, $D = 65 \text{ mm}$
8. Mango para polea
9. Cinta métrica, 2m
10. Sedal
11. Cable
12. Fuente de alimentación 6V (AC)
13. Carril, 1000 mm
14. Cinta adhesiva
15. Tijeras

4. TEORÍA:

Se denomina movimiento rectilíneo, aquel cuya trayectoria es una línea recta. En la recta situamos un origen O , donde estará un observador que medirá la posición x del móvil en el instante t . Las posiciones serán positivas si el móvil está a la derecha del origen y negativas si están a la izquierda del origen. La posición x del móvil se puede relacionar con el tiempo t mediante una función $x = f(t)$.



Fig. 2. Posiciones respecto al origen de una partícula en Movimiento rectilíneo en dos tiempos: t y t'

Desplazamiento

Supongamos ahora que en el tiempo t , el móvil se encuentra en posición x , más tarde, en el instante t' el móvil se encontrará en la posición x' . Decimos que el móvil se ha desplazado $\Delta x = x' - x$ en el intervalo de tiempo $\Delta t = t' - t$, medido desde el instante t al instante t' .

Para un MRU, la gráfica posición versus tiempo tendría la forma:

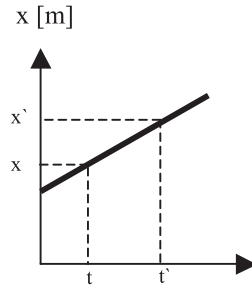


Fig. 3. Gráfica de la Posición vs. el tiempo en un MRU

Velocidad

La velocidad media entre los instantes t y t' está definida por

$$v = \frac{x' - x}{t' - t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

Para determinar la velocidad en el instante t (velocidad instantánea), debemos hacer el intervalo de tiempo Δt tan pequeño como sea posible, en el límite cuando Δt tiende a cero.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

Pero dicho límite, es la definición de derivada de x con respecto del tiempo t .

Para un MRU, dado que la velocidad es constante, es decir se mantiene a lo largo del tiempo debido a que no existe aceleración ($a = 0$), su gráfica será:

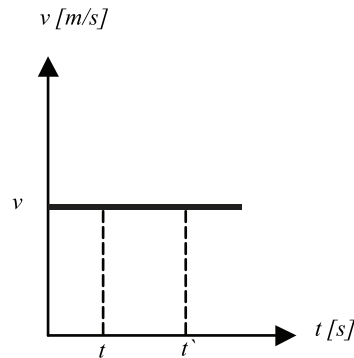


Fig. 3. Gráfica de la Posición vs. el tiempo en un MRU

Aceleración

En general, la velocidad de un cuerpo es una función del tiempo. Supongamos que en un instante t la velocidad del móvil es v , y en el instante t' la velocidad del móvil es v' . Se denomina aceleración media entre los instantes t y t' al cociente entre el cambio de velocidad $\Delta v = v' - v$ y el intervalo de tiempo en el que se ha tardado en efectuar dicho cambio, $\Delta t = t' - t$.

$$a = \frac{v' - v}{t' - t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2)$$

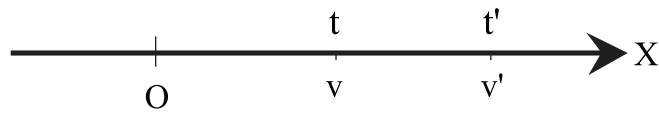


Fig. 5. Velocidades diferentes de una partícula en Movimiento Rectilíneo en dos tiempos t y t'

La aceleración en el instante t es el límite de la aceleración media cuando el intervalo Δt tiende a cero, que es la definición de la derivada de v .

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

Para un MRUV, los gráficos de posición, velocidad y aceleración serían:

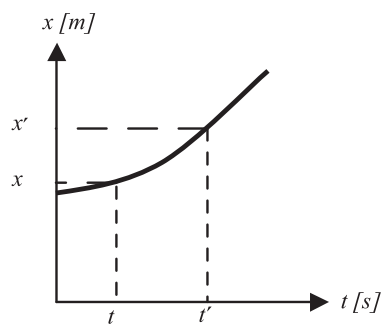
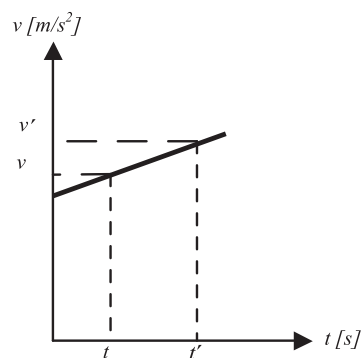
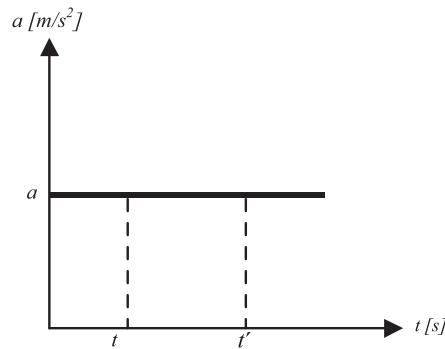


Fig. 6 a) la posición vs. el tiempo, la posición varía con respecto al tiempo de una manera acelerada, la curva que se forma se denomina parábola.



b) la velocidad vs. el tiempo, la velocidad aumenta constantemente respecto al tiempo, es decir que la pendiente es positiva y constante. La gráfica que se describe es una recta $y = mx + b$



c) gráfica de la aceleración vs. el tiempo en un MRUV, se nota claramente que la aceleración permanece constante a lo largo del tiempo. La gráfica es una recta con pendiente cero.

5. PROCEDIMIENTO Y TABLA DE DATOS:

1. Ate un trozo de sedal (aprox. 1m) en el carro (Fig. 1) y cuelgue en el otro extremo el platillo para masas con un total de 15 g. Sujete el carro.
2. Encienda el generador de marcas de tiempo, y suelte el carro cuidadosamente. Sujete el carro cuando llegue al final del carril, apague el generador y quite la cinta registradora.
3. Marque como punto cero el primer punto legible de la cinta registradora.
4. Cuente a partir de él 20, 30, 40, 50, 60, y 70 puntos, márkelos como puntos de referencia, numerándolos, tal como se indica en la Fig. 7

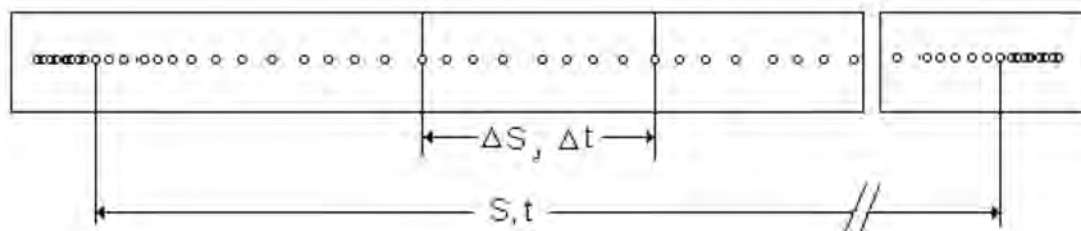


Fig. 7 Cinta registradora con marcas

5. Averigüe los recorridos s y los tiempos t correspondientes a cada punto de referencia, *partiendo siempre del punto cero*. Anote los valores en la tabla 1. Para el cálculo de los tiempos, se recuerda que la frecuencia del generador de marcas es de 60 [Hz], es decir que se generan 60 puntos en un segundo.
6. Haga una marca en los 5 puntos antes y después de cada punto de referencia.
7. Averigüe, en torno a los puntos de referencia (± 5 puntos), los recorridos parciales Δs y los tiempos empleados Δt . Como lo indica la Fig. 7. Anote los resultados en la tabla 1.
8. Repita el procedimiento anterior y anote sus resultados en la tabla 2.

Tabla 1.

$\Delta t =$	[s]
--------------	-----

Punto de referencia	s [cm]	t [s]	Δs [cm]
1 (#20)			
2 (#30)			
3 (#40)			
4 (#50)			
5 (#60)			
6 (#70)			

Tabla 2.

$\Delta t =$	[s]
--------------	-----

Punto de referencia	s [cm]	t [s]	Δs [cm]
1 (#20)			
2 (#30)			
3 (#40)			
4 (#50)			
5 (#60)			
6 (#70)			

6. TRABAJOS

- Halle los valores promedios para s , t y Δs y anote los resultados en la tabla 3. Además llene los valores de t^2 , y de la velocidad $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
- Con los valores de la velocidad halle la aceleración con la fórmula (2) y anote en la tabla 3.
- Trace con los valores de la tabla 3 el diagrama distancia versus tiempo, s vs. t (Adjunte en papel milimetrado)
- Trace con los valores de la tabla 3 el diagrama de distancia versus tiempo al cuadrado, s vs. t^2 y calcule la pendiente. (Adjunte en papel milimetrado)

Pendiente:	[]
------------	-----

5. Trace con los valores de la tabla 3 el diagrama de velocidad versus tiempo, v vs. t^2 y calcule la pendiente. (Adjunte en papel milimetrado)

Pendiente: []

6. Trace el diagrama aceleración versus tiempo, a vs. t . (Adjunte en papel milimetrado).
 7. Encuentre la aceleración promedio con los valores de la tabla 3 y el error σ

$\bar{a} \pm \sigma$ [cm/s²] =

Tabla 3

$\Delta t =$ [s]

Punto de referencia	s [cm]	Δs [cm]	t [s]	t^2 [s ²]	v [cm/s]	a [cm/s ²]
1 (#20)						
2 (#30)						
3 (#40)						
4 (#50)						
5 (#60)						
6 (#70)						

7. PREGUNTAS

1. Compare la pendiente obtenida en el trabajo 4 con el valor de la aceleración del movimiento obtenido en el trabajo 7, ¿qué puede concluir?

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
LABORATORIO DE FÍSICA

PRÁCTICA No.

TITULO DE LA PRÁCTICA:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

GRUPO:

Espacio exclusivo para los profesores de laboratorio:

RECIBIDO POR: APROBADO POR:

OBSERVACIONES:

.....

.....

NOTA COLOQUIO

NOTA INFORME

NOTA DEFENSA

NOTA TOTAL:

1. OBJETIVO:

1. Comprobar las leyes y las ecuaciones del movimiento de partículas que se lanzan sobre un campo gravitacional, con un ángulo constante θ y una velocidad inicial \vec{v}_0 .
2. Determinar las relaciones entre el ángulo de lanzamiento, el alcance y la altura máxima lograda.

2. MONTAJE

Monte el equipo como está descrito en la Fig. 1



Fig. 1 Equipo para movimiento parabólico

3. EQUIPO DE LABORATORIO:

1. Unidad balística (fig 1), que comprende:
 - a. Placa metálica enmarcada y pintada
 - b. Patas regulables y antideslizantes
 - c. Escala de ángulos o variable
 - d. Catapulta

- e. Placa tensora
- f. Palanca de tracción
- g. Soporte magnético
- 2. Bala de hierro o de madera con núcleo de hierro
- 3. Repisas para soportar impactos
- 4. Papel químico (o de registro).
- 5. Flexómetro

4. TEORÍA

El Movimiento de un proyectil es la combinación de dos movimientos independientes: un movimiento horizontal rectilíneo y uniforme MRU, y un movimiento vertical rectilíneo en donde la velocidad varía uniformemente debido a la acción de la gravedad (MRUV), en donde la aceleración es producida por el campo gravitatorio. El producto de la suma de estos dos movimientos es una trayectoria parabólica. Como lo indica la Fig. 2.

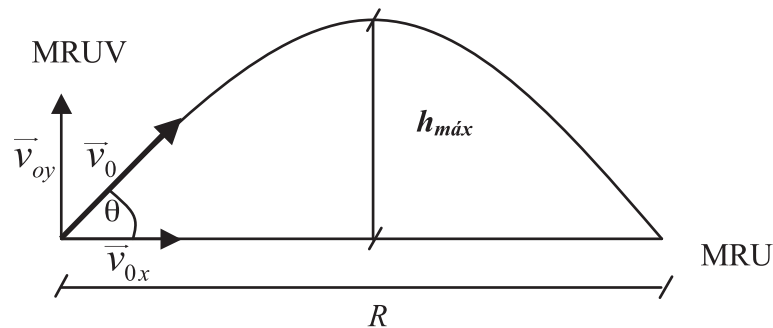


Fig. 2 Trayectoria parabólica de un proyectil que es lanzado con una velocidad inicial \vec{v}_0 , y un ángulo de inclinación θ . $h_{\text{máx}}$ es la altura máxima que puede alcanzar el proyectil y R es el alcance horizontal máximo que se puede lograr.

Se analiza este movimiento, separando las componentes de la velocidad en x y en y :

Sobre el eje x :

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta = \text{cte} \quad \text{MRU} \quad (1)$$

Sobre el eje y :

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta \quad \text{MRUV} \quad (2)$$

Dado que la velocidad está sometida a la influencia de la gravedad:

$$v_y = v_0 \sin \theta - gt \quad (3)$$

A medida que asciende el proyectil, éste pierde velocidad hasta que la componente de la velocidad en y es igual a cero, entonces comienza el descenso. Así, el tiempo de subida t_s es el que transcurre hasta cuando la velocidad se hace cero.

$$v_y = 0 \quad (4)$$

Reemplazando en (3)

$$v_y = v_o \operatorname{sen} \theta - gt = 0 \quad (5)$$

Al despejar (5) se obtiene el tiempo de subida:

$$t_s = \frac{v_o \operatorname{sen} \theta}{g} \quad (6)$$

Debido a la uniformidad de la acción de la gravedad, el tiempo de subida t_s es igual al de bajada, por lo tanto el tiempo que el proyectil permanece en el aire, es decir el tiempo de vuelo t_v será:

$$t_v = 2t_s = \frac{2v_o \operatorname{sen} \theta}{g} \quad (7)$$

La posición de la partícula, también se puede analizar por separado. El vector será:

$$\vec{r} = r_x \vec{i} + r_y \vec{j} \quad (8)$$

Donde r_x será la distancia horizontal recorrida, y r_y la distancia vertical, es decir la altura de la partícula. Para cualquier instante:

$$r_x = v_o t \cos \theta \quad \text{MRU} \quad (9)$$

$$r_y = v_o t \operatorname{sen} \theta - \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{MRUV} \quad (10)$$

Para hallar la altura máxima $h_{m\acute{a}x}$ que puede alcanzar un proyectil se reemplaza la ecuación del tiempo de subida (6) en la de la altura (10), y se obtiene:

$$h_{m\acute{a}x} = \frac{v_o^2 \operatorname{sen}^2 \theta}{2g} \quad (11)$$

Y dado que la velocidad inicial y la gravedad son constantes, se puede afirmar que la altura máxima es proporcional al cuadrado del seno del ángulo de lanzamiento:

$$h_{m\acute{a}x} \propto \operatorname{sen}^2 \theta \quad (12)$$

El alcance horizontal R, será toda la distancia horizontal que recorre el proyectil mientras se mantiene en vuelo. Se obtiene de reemplazar el tiempo de vuelo (7) en la componente x de la posición (9):

$$R = \frac{v_o^2 \operatorname{sen} 2\theta}{g} \quad (13)$$

Así que el alcance es directamente proporcional al seno del ángulo doble de lanzamiento:

$$R \propto \text{sen}2\theta \quad (14)$$

5. PROCEDIMIENTO Y TABLA DE DATOS

1. Una vez armado el equipo, coloque dos metros de papel químico (o de registro) en línea recta a continuación del disparador del equipo.
2. Gradúe el disparador a 30° , y dispare el proyectil con la velocidad mínima, marque el lugar donde cae el proyectil sobre el papel químico y mida el alcance. Repita el procedimiento 2 veces más y llene la tabla 1.
3. Repita el procedimiento con la velocidad media y con la velocidad máxima y anote los valores en la Tabla 1.

Tabla 1. Angulo de lanzamiento $\theta = 30^\circ$

Velocidad	R_1 [m]	R_2 [m]	R_3 [m]
Mínima			
Media			
Máxima			

4. Ajuste el lanzador de proyectiles para la velocidad media colocando los ángulos de lanzamiento que se indican en la tabla 2. Dispare el proyectil, marque los puntos sobre el papel químico, mida los respectivos alcances. Repita el procedimiento dos veces más y llene la tabla 2.

Tabla 2. Alcances con velocidad media

θ [$^\circ$]	R_1 [m]	R_2 [m]	R_3 [m]
15			
30			
45			
60			
75			

6. TRABAJOS

1. Calcule los promedios \bar{R} con los alcances R_1 , R_2 y R_3 , para cada una de las tres velocidades de la tabla 1 y anótelos en la tabla 3.
2. Con los alcances promedios obtenidos, calcule los valores de la velocidad inicial (v_0), para los lanzamientos con velocidad mínima, media y máxima, utilizando la ecuación (13). Anote los valores en la tabla 3.

Tabla 3. Velocidades del lanzador de proyectiles

Velocidad	\bar{R} [m]	v_o [m/s]
Mínima		
Media		
Máxima		

3. Calcule el promedio \bar{R} de los alcances de la Tabla 2, y anótelos en la Tabla 4.
4. Con la ecuación (11) calcule la altura máxima $h_{m\acute{a}x}$ y colóquela en la Tabla 4.

Tabla 4.

θ [°]	$\text{sen } 2\theta$	$\text{sen}^2 2\theta$	\bar{R} [m]	$h_{m\acute{a}x}$ [m]
15				
30				
45				
60				
75				

5. En papel milimetrado halle las gráficas \bar{R} vs. θ y \bar{R} vs. $\text{sen } 2\theta$, utilizando los valores de la tabla 4. Adjunte.
6. En papel milimetrado halle la gráfica $h_{m\acute{a}x}$ vs. $\text{sen}^2\theta$, utilizando los valores de la tabla 4. Adjunte.

7. PREGUNTAS:

1. Deduzca las ecuaciones (6), (11) y (13)

6. ¿Qué relación existe entre ángulos de lanzamiento complementarios? ¿Ángulos complementarios de lanzamiento generan iguales alturas máximas? Deduzca.

8. CONCLUSIONES

9. RECOMENDACIONES

10. BIBLIOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
LABORATORIO DE FÍSICA

PRÁCTICA No.

TITULO DE LA PRÁCTICA:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

GRUPO:

Espacio exclusivo para los profesores de laboratorio:

RECIBIDO POR: APROBADO POR:

OBSERVACIONES:

.....

.....

NOTA COLOQUIO

NOTA INFORME

NOTA DEFENSA

NOTA TOTAL:

1. OBJETIVO:

1. Describir la Descomposición de las fuerzas de un cuerpo sobre un plano inclinado.
2. Verificar la Tercera Ley de Newton como responsable de la Fuerza Normal, y estudiar su naturaleza.

2. MONTAJE:

1. Monte el experimento según la Fig. 1
2. Coloque el dinamómetro de 1N justo en el centro del extremo superior del carril, en-gánchelo al carrito.
3. Coloque el pasador en el carrito y fije en éste el dinamómetro de 2N con un trozo pequeño de sedal.

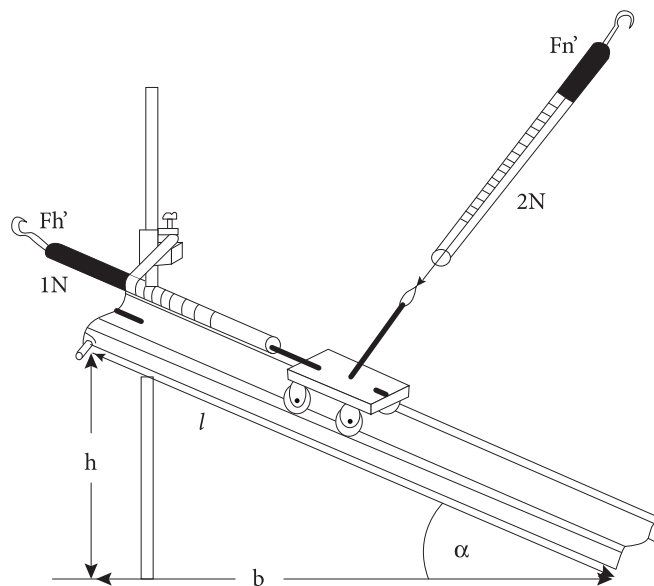


Fig. 1 Carrito en el plano inclinado, en equilibrio dinámico, los dinamómetros han sido colocados para medir las componentes de las fuerzas de reacción al peso de móvil.

3. EQUIPO DE LABORATORIO:

1. Pie estático
2. Varilla de soporte de 600 mm
3. Varilla de soporte de 250 mm
4. Varilla de soporte con orificio, 100 mm
5. 2 Nueces dobles
6. Carro para medidas y experimentos
7. Dinamómetro de 1N
8. Dinamómetro de 2N
9. Soporte para dinamómetros
10. Pasador de sujeción
11. Masas de ranura [50 gr.]
12. Cinta métrica de 2m
13. Sedal
14. Tijeras
15. Carril de 500 mm

4. TEORÍA

Debido a la masa de la Tierra, todos los cuerpos que la habitan sienten una fuerza dirigida hacia el centro del planeta, conocida como fuerza gravitacional o *peso* (\vec{W}). Esta fuerza produce una aceleración conocida como aceleración de la gravedad (\vec{g}). La relación entre el peso y la aceleración de la gravedad es:

$$\vec{W} = m\vec{g} \quad (1)$$

donde m es la masa del cuerpo.

Al dejar rodar un cuerpo en un plano inclinado, con un ángulo de inclinación θ , es conocido que este baja gracias a su peso, como lo indica la Fig. 2

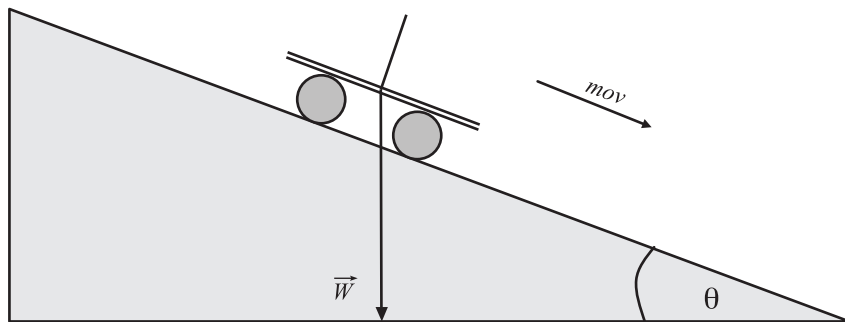


Fig. 2 El carro de prueba experimental, al ser soltado sobre un plano inclinado baja debido a la acción de la gravedad.

Dado que la dirección del movimiento no es vertical sino que es paralela al plano inclinado, se deduce que existe una fuerza paralela al plano inclinado, componente vectorial del peso, que provoca la bajada del carro. La otra componente resulta ser la que mantiene al carro en contacto con el plano inclinado, en otras palabras es el peso que “siente” el plano inclinado, y es perpendicular a la superficie del plano, como lo indica la Fig. 3.

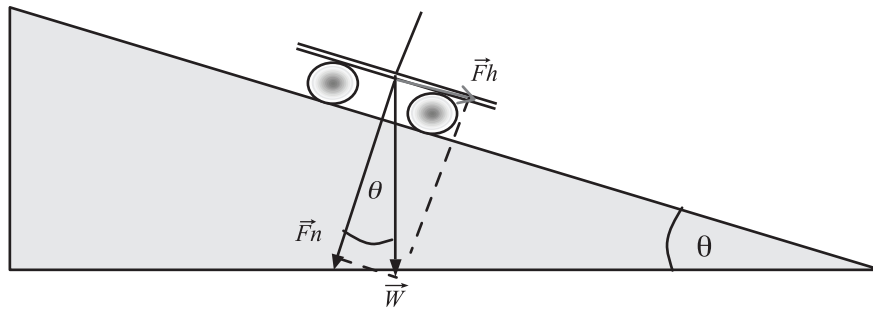


Fig. 3 Descomposición del peso del cuerpo en dos fuerzas perpendiculares, la primera, \vec{F}_h es la que impulsa al carrito a lo largo del plano inclinado, siendo paralela a éste. La otra fuerza resulta ser perpendicular al plano y es la que ejerce el carro sobre este plano. Nótese que ambas fuerzas son perpendiculares entre sí, por lo que el ángulo de inclinación del plano es el mismo que existe entre el peso \vec{W} y la fuerza \vec{F}_n perpendicular al plano .

Así, \vec{F}_h y \vec{F}_n se convierten en las componentes rectangulares del peso \vec{W} . Analizando sus magnitudes y gracias a las propiedades trigonométricas de los triángulos rectángulos se puede afirmar que:

$$\begin{aligned} F_h &= W \sin \theta \\ F_n &= W \cos \theta \end{aligned} \quad (2)$$

Debido a la Tercera Ley de Newton que afirma: “Toda fuerza de acción genera una fuerza de reacción, de la misma magnitud, pero de sentido contrario, que se siente en cuerpos diferentes”, al actuar el peso sobre el plano inclinado éste reacciona sobre el carrito mediante una fuerza de igual magnitud pero de sentido contrario llamada *Fuerza Normal*, que la llamamos \vec{F}_n' .

Esta fuerza aparece siempre que existan dos cuerpos en contacto, y se la llama *normal* debido a que siempre es perpendicular o normal a la superficie en contacto. Así el diagrama de fuerzas que actúan sobre el carrito queda como se indica en la Fig. 4.

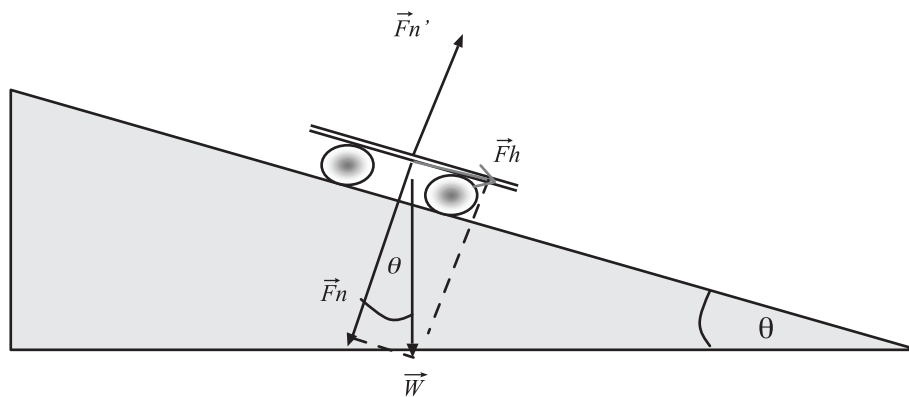


Fig. 4. Diagrama de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en un plano con un ángulo de inclinación θ . El plano inclinado ofrece al carro una fuerza de reacción a su peso, llamada fuerza *normal*, de igual magnitud que la componente F_n pero de sentido contrario.

Igualmente en el experimento tenemos \vec{F}_h' que es la respuesta a la componente horizontal del peso \vec{F}_h .

5. PROCEDIMIENTO Y TABLA DE DATOS:

1. Antes de montar el experimento, mida con el dinamómetro el peso del carro solo, denominándolo W . Repita el procedimiento cargando al carro con una masa de 50g y 100g. Anote los valores en las Tablas 1 y 2.
2. Coloque el carril a una altura h de 20cm, mida con la cinta métrica las distancias b y l , anote los valores en la Tabla 1.
3. Eleve perpendicularmente el carrito sin masa con el dinamómetro 2N justo hasta el momento en que las ruedas no toquen el carril. Recuerde que siempre debe tirar perpendicularmente al carril.
4. Lea los dos dinamómetros, anotando los valores como Fh' y Fn' en la Tabla 1.
5. Repita el procedimiento, agregando las masas m de 50g y 100g. Anote los valores en la Tabla 1.

Tabla 1.

$l = \dots\dots\dots$	$b = \dots\dots\dots$	$h = 20 \text{ [cm]}$	
$m \text{ [g]}$	$W \text{ [N]}$	$Fn' \text{ [N]}$	$Fh' \text{ [N]}$
0			
50			
100			

6. Ajuste la altura h a 30 cm y repita el procedimiento anotando los valores en la tabla 2.

Tabla 2.

$l = \dots\dots\dots$	$b = \dots\dots\dots$	$h = 30 \text{ [cm]}$	
$m \text{ [g]}$	$W \text{ [N]}$	$Fn' \text{ [N]}$	$Fh' \text{ [N]}$
0			
50			
100			

6. TRABAJOS

1. Utilizando los datos de la tabla 1, llene la tabla 3:

Tabla 3.

	$h/l = \dots\dots\dots$	$b/l = \dots\dots\dots$
m [g]	F_h'/W	F_n'/W
0		
50		
100		

2. Utilizando los datos de la tabla 2, llene la tabla 4:

Tabla 4.

	$h/l = \dots\dots\dots$	$b/l = \dots\dots\dots$
m [g]	F_h'/W	F_n'/W
0		
50		
100		

3. En papel milimetrado sume por el método del paralelogramo las fuerzas \vec{F}_n' y \vec{F}_h' , con las tres distintas masas y para las dos alturas. (Adjunte los 6 gráficos). Anote en la tabla 5 los valores de los módulos de las fuerzas resultantes \vec{F}_R :

Tabla 5.

	m [g]	$ \vec{F}_R $ [N]
$h = 20$ [cm]	0	
	50	
	100	
$h = 30$ [cm]	0	
	50	
	100	

4. ¿A qué deberían ser iguales los valores del módulo de la fuerza \vec{F}_R de la Tabla 5? Explique.

5. ¿Qué fuerza mínima se debe aplicar para empujar un automóvil cuesta arriba?

6. ¿Por qué se producen las Fuerzas \vec{F}_n y \vec{F}_h , si no son las componentes del peso?

8. CONCLUSIONES

9. RECOMENDACIONES

10. BIBLIOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
LABORATORIO DE FÍSICA

PRÁCTICA No.

TITULO DE LA PRÁCTICA:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

GRUPO:

Espacio exclusivo para los profesores de laboratorio:

RECIBIDO POR: APROBADO POR:

OBSERVACIONES:

.....

.....

NOTA COLOQUIO

NOTA INFORME

NOTA DEFENSA

NOTA TOTAL:

1. OBJETIVO:

1. Experimentar cómo distintas superficies dan lugar a diferentes coeficientes de rozamiento, con especial importancia a las propiedades de deslizamiento de dos superficies en contacto.
2. Determinar la proporcionalidad que existe entre la fuerza de rozamiento y el peso del cuerpo.
3. Determinar el coeficiente de rozamiento en la superficie de contacto entre dos cuerpos sólidos.
4. Estudiar si la fuerza de rozamiento tiene relación con el área de la superficie en contacto y con la masa del cuerpo de prueba.

2. MONTAJE:

Monte el equipo como está descrito en la Fig. 1

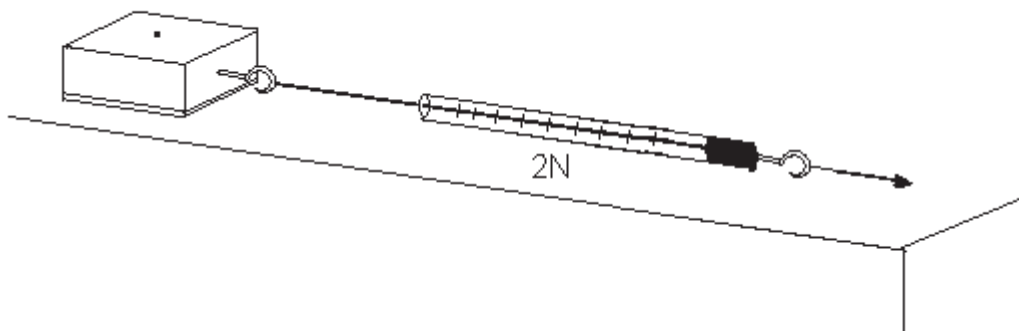


Fig. 1 Montaje del experimento

3. EQUIPO DE LABORATORIO:

1. Taco de rozamiento (cuerpo de prueba)
2. Dinamómetros de 1N y 2N
3. Masas de ranura de 50g
4. Plano horizontal
5. Sedal
6. Pasador de sujeción

4. TEORÍA

Al arrastrar un cuerpo sobre una superficie aparecen determinadas fuerzas, las mismas que se generan debido a las rugosidades que presentan todas las superficies de los cuerpos en contacto, esto a pesar de que a simple vista estas no puedan ser observadas, pero si se los observa bajo microscopio presentarán esta apariencia:

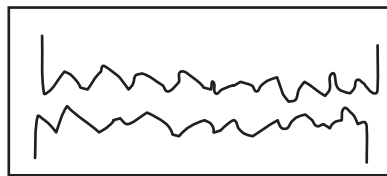


Fig. 2. Vista microscópica de dos superficies en contacto

El rozamiento seco o de Coulomb se presenta cuando dos superficies que no hayan sido lubricadas están en contacto deslizándose una sobre la otra o con tendencia a hacerlo. La Fuerza de Rozamiento es una fuerza tangencial que actúa en la superficie de contacto entre dos cuerpos y que se opone al movimiento relativo de uno de ellos con respecto al otro, las fuerzas tangenciales son paralelas a las superficies en contacto.

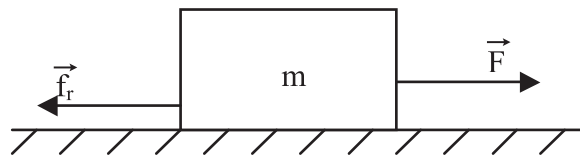


Fig. 3. Esquema de la Fuerza de Rozamiento \vec{f}_r , que aparece al ejercerse una fuerza \vec{F} sobre un cuerpo que descansa sobre una superficie horizontal, ésta última hará que el cuerpo se mueva o tenga la tendencia a moverse.

Al aplicar progresivamente una fuerza \vec{F} a un cuerpo sólido de peso W que descansa sobre una superficie horizontal (Fig. 3) y si esta fuerza \vec{F} varía desde cero hasta un valor que haga que el sólido se mueva con cierta velocidad, tendremos que la fuerza de oposición al movimiento del cuerpo (Fuerza de rozamiento) también variará.

Esta fuerza de oposición inicialmente tendrá un valor que impedirá que el bloque se mueva, pero hasta cierto límite, tiempo en el cual la Fuerza de Rozamiento Estático (f_{re}) actuará y en el instante de su movimiento inminente esta adquirirá su valor máximo:

$$f_{re} = \mu_e N \quad (\text{valor máximo de la fuerza de rozamiento estático}) \quad (1)$$

μ_e : coeficiente de rozamiento estático, adimensional y que toma valores entre 0 y 1

N : fuerza normal

A partir de ese momento actuará sobre el cuerpo la Fuerza de Rozamiento Cinético (f_{rc}), la misma que se opone al movimiento del cuerpo, pero que tiene un valor ligeramente menor que la anterior y que está dada por:

$$f_{rc} = \mu_c N \quad (2)$$

μ_c : coeficiente de rozamiento cinético, adimensional y que toma valores entre 0 y 1

Al analizar la f_r en función de la fuerza F se obtiene el siguiente gráfico, donde se puede observar la diferencia entre la f_{re} y f_{rc} :

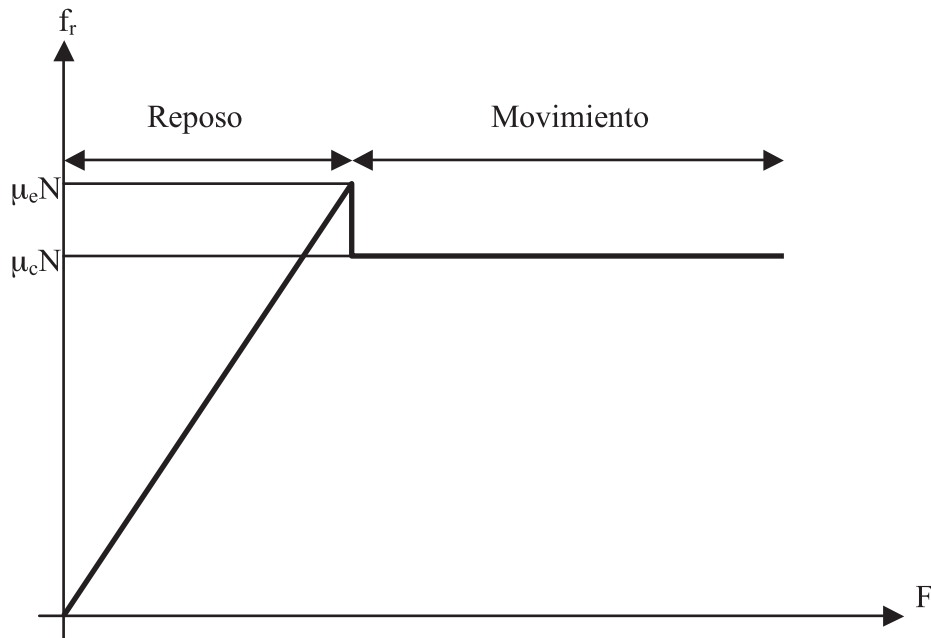


Fig. 4. Fuerza de Rozamiento (f_r) en función de la Fuerza F, donde se puede observar el cambio que existe en la Fuerza de Rozamiento al momento de ponerse en movimiento el cuerpo.

Recuerde que el concepto de fricción o rozamiento es un concepto estadístico, porque la Fuerza de Rozamiento es en realidad el promedio de un gran número de fuerzas e interacciones mecánicas y moleculares que se presentan entre dos cuerpos en contacto.

Por lo expuesto anteriormente tenemos:

El Coeficiente de Rozamiento Estático (μ_e) es la relación entre la fuerza máxima de rozamiento estático y la fuerza que tiende a mantener unidas ambas superficies, que es numéricamente igual a la normal:

$$\mu_e = \frac{\text{máxima fuerza de rozamiento estático}}{\text{fuerza normal}} = \frac{f_{re}}{N} \quad (3)$$

El Coeficiente de Rozamiento Cinético (μ_c) entre dos superficies sólidas es el cociente entre la fuerza necesaria para desplazar el cuerpo de prueba con velocidad uniforme y la fuerza normal:

$$\mu_c = \frac{\text{fuerza de rozamiento cinético}}{\text{fuerza normal}} = \frac{f_{rc}}{N} \quad (4)$$

5. PROCEDIMIENTO Y TABLA DE DATOS:

1. Coloque el taco de rozamiento con la parte de madera sobre el plano horizontal y enganche el dinamómetro de 2N, Fig. 1.
2. Mida la F_1 justo en el momento en que empieza a moverse el taco y anote el valor en la Tabla 1.
3. Mida la fuerza F_2 con la que el taco se mueve de manera uniforme, anote el valor en la Tabla 1. repita el procedimiento dos veces más.
4. De la vuelta al taco de rozamiento, para que quede sobre la superficie horizontal la cara de goma o lija y repita el procedimiento anterior, anote los resultados en la Tabla 1.

Tabla 1.

Superficie de Rozamiento	Madera			Goma o Lija		
F_1 [N]						
F_2 [N]						

5. Coloque el taco de rozamiento con la parte ancha sobre la superficie horizontal, con la superficie de goma o lija hacia arriba (Fig. 5).

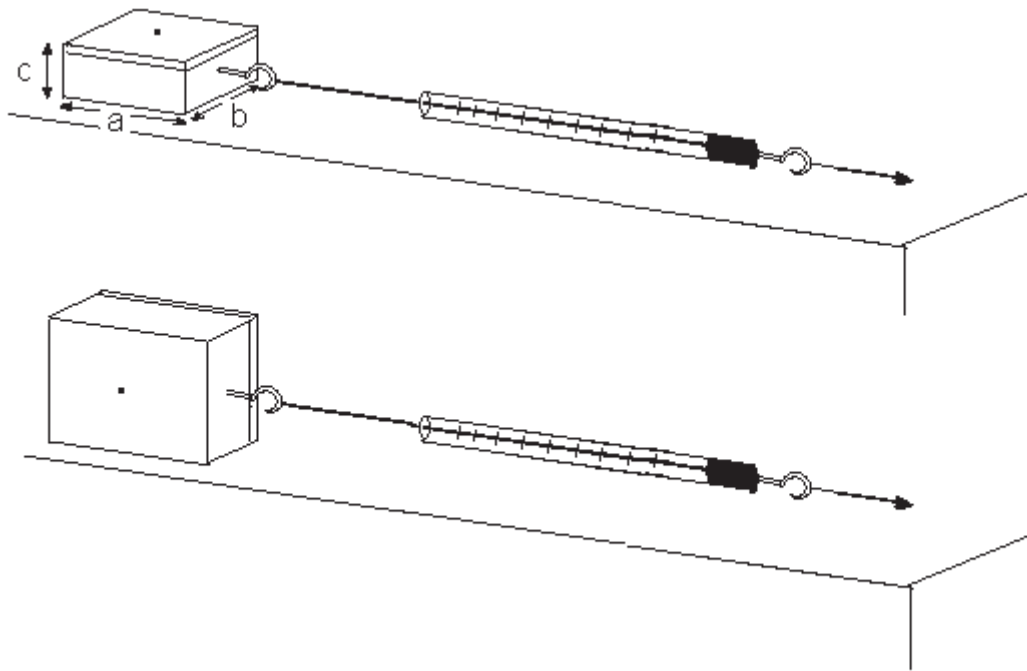


Fig.5. Montaje del experimento

6. Mida con el pie de rey su longitud y ancho, anótelo en la Tabla 2.
7. Tire con el dinamómetro y lea la fuerza de rozamiento cinético (F_2), repita el procedimiento dos veces más, anote los valores en la Tabla 2.
8. De la vuelta al taco y póngalo sobre su superficie más estrecha, determine su superficie con el pie de rey, y mida nuevamente la fuerza de rozamiento cinético, anótelo en la Tabla 2.

Tabla 2.

	Largo [cm]	Ancho [cm]	F_2 [N]
Superficie Ancha			
Superficie Estrecha			

9. Determine con el dinamómetro el peso (W) del taco de rozamiento, incluido el pasador, anótelo en la Tabla 3.
10. Colocar sobre la superficie horizontal el taco con la cara de goma o lija hacia arriba (Fig. 5).
11. Tire del taco con el dinamómetro y lea la fuerza F_2 con movimiento uniforme.
12. Ponga en el taco una masa de 50g y lea nuevamente la fuerza de rozamiento F_2 , anótelo en la Tabla 3.
13. Repita el procedimiento para masas de 100g y 150g, midiendo cada vez la fuerza de rozamiento F_2 y anótelo en la Tabla 3.

Tabla 3.

	F_2 [N]	W [N]
Taco con pasador		
+ 50g		
+ 100g		
+ 150g		

6. TRABAJOS

- Utilizando los datos de la Tabla 1 encuentre los promedios de las fuerzas de rozamiento y anótelos en la Tabla 4.

Tabla 4

Superficie de rozamiento	Madera	Goma o Lija
[N]		
[N]		

- Con los datos de la tabla 2 calcule el área de la superficie en contacto y anote sus resultados en la tabla 5.

Tabla 5

Área [cm ²]	F_2 [N]

- Usando los datos de la Tabla 3, realice un diagrama en una hoja aparte (papel milimetrado) de la fuerza F_2 en función de W y calcule su pendiente.

7. PREGUNTAS

- ¿Existen diferencias entre los valores de F_1 y F_2 , qué explicación se puede dar a esta posible diferencia?

2. ¿Qué representa la fuerza F_2 ?

3. ¿Varía la fuerza F_2 cuando el área del cuerpo de prueba cambia? ¿Por qué?

4. ¿Depende la fuerza F_2 del peso del cuerpo de prueba?

5. A partir del resultado del trabajo 3, ¿qué tipo de relación existe entre F_2 y W ? ¿La pendiente obtenida es el coeficiente de rozamiento (μ_c)? Explique.

8. CONCLUSIONES

9. RECOMENDACIONES

10. BIBLIOGRAFÍA