



Formando líderes para la  
construcción de un nuevo  
país en paz

*MANUAL  
LABORATORIO DE MECANICA*



*DEPARTAMENTO DE FISICA  
VILLA DEL ROSARIO*

*FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS  
VILLA DEL ROSARIO, NORTE DE SANTANDER,  
COLOMBIA  
2025*

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	2 de 3



INDICE DE CONTENIDO
Introducción
Normas de seguridad
Practica 1: Toma de Datos e introducción al análisis del error
Practica 2: Análisis Grafico
Practica 3: Toma de Datos para una medida de pequeñas longitudes
Practica 4: Análisis Vectorial
Practica 5: Velocidad media e Instantánea
Practica 6: Movimiento de proyectiles
Practica 7: Ley Hooke
Practica 8: Balanza de Fuerzas Paralelas
Practica 9: Coeficiente de Rozamiento
Practica 10: Segunda ley de Newton
Practica 11: Conservación de la energía

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	3 de 3

## INTRODUCCION

El laboratorio de Mecánica forma una parte esencial en la formación académica de los estudiantes del programa de Ciencias Básicas e Ingenierías de la Universidad de Pamplona, sede Villa del Rosario. Este espacio busca articular la teoría con la práctica mediante la ejecución de experimentos que permiten observar, cuantificar y analizar fenómenos físicos fundamentales relacionados con el movimiento, las fuerzas y la energía.

A lo largo del curso, se desarrollan prácticas cuidadosamente diseñadas para introducir al estudiante en el método científico, el tratamiento riguroso de datos experimentales, y la comprensión profunda de los principios físicos que rigen el comportamiento de los sistemas mecánicos. Las primeras prácticas, como **la Toma de Datos e Introducción al Análisis del Error**, y el **Análisis Gráfico**, sientan las bases metodológicas para la correcta medición e interpretación de resultados. A través de estas, se enfatiza la importancia del manejo de instrumentos, la estimación de incertidumbres, y la representación gráfica de variables físicas.

Posteriormente, prácticas como **la Medición de Pequeñas Longitudes** y el **Análisis Vectorial** permiten afianzar conceptos básicos de la cinemática y el álgebra vectorial, fundamentales para describir el movimiento en una o más dimensiones. Estas herramientas conceptuales se aplican directamente en experimentos como el de **Velocidad Media e Instantánea** y el de **Movimiento de proyectiles**, donde se estudian trayectorias, aceleraciones y las leyes del movimiento en distintos contextos.

El curso avanza hacia el estudio de las leyes que gobiernan las interacciones, como la **Ley de Hooke**, la **Balanza de Fuerzas Paralelas**, y la **Segunda Ley de Newton**, donde se exploran las relaciones entre fuerzas, masa y aceleración, así como el comportamiento elástico de materiales. También se abordan fenómenos que implican resistencia al movimiento, como en la práctica sobre el **Coefficiente de Rozamiento**, en la que se cuantifica la fuerza de fricción y su dependencia con respecto a las condiciones del sistema.

Finalmente, se cierra el ciclo experimental con la práctica sobre la **Conservación de la Energía**, en la que se comprueba experimentalmente una de las leyes más importantes de la física, con implicaciones directas en la ingeniería, la biomecánica y muchas otras disciplinas aplicadas.

En conjunto, estas prácticas permiten al estudiante construir una comprensión sólida y aplicada de los conceptos de la mecánica clásica, desarrollar habilidades de observación y análisis crítico, y fortalecer su formación científica con base experimental. Todo esto se articula con los contenidos teóricos del curso, que incluyen el estudio del movimiento, la dinámica de partículas, la interacción de fuerzas, el trabajo y la energía, enmarcados dentro de la física newtoniana.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	4 de 3



## NORMAS DE SEGURIDAD

### 1. Ingreso y conducta en el laboratorio

- Solo se permite el ingreso al laboratorio con la autorización del docente o monitor encargado.
- El estudiante debe portar bata de laboratorio (preferiblemente blanca), cabello recogido y zapatos cerrados.
- Se debe mantener una actitud responsable y evitar juegos, bromas o conductas que puedan poner en riesgo a los demás.
- No se permite consumir alimentos ni bebidas dentro del laboratorio.

### 2. Antes de comenzar las prácticas

- Leer cuidadosamente la guía de la práctica antes de su ejecución.
- Identificar los posibles riesgos de la práctica y discutir las medidas preventivas con el docente o monitor.
- Verificar el estado de los instrumentos y reportar cualquier daño o anomalía antes de usarlos.
- Asegurarse de que la mesa de trabajo esté limpia, organizada y libre de objetos ajenos a la práctica.

### 3. Manejo de equipos y materiales

- Utilizar los equipos e instrumentos de medición (cronómetros, calibradores, dinamómetros, etc.) con precisión y cuidado.
- No aplicar fuerzas excesivas o movimientos bruscos sobre estructuras como balanzas, rieles de aire, poleas o sistemas elásticos.
- Mantener los cables eléctricos y conexiones fuera de las zonas de paso para evitar tropiezos o cortocircuitos.
- No manipular equipos eléctricos si están mojados o si se tienen las manos húmedas.

### 4. Durante la ejecución de las prácticas

- Seguir estrictamente las instrucciones del docente o de la guía de laboratorio.
- Mantener una distancia prudente de sistemas en movimiento (como proyectiles, masas colgantes, poleas).
- Prestar atención especial a prácticas con resortes tensados o cuerpos que puedan proyectarse (riesgo de impacto).
- En la práctica de rozamiento, evitar introducir las manos en áreas donde pueda haber presión o contacto mecánico inesperado.

### 5. Medidas ante accidentes

- Conocer la ubicación del botiquín de primeros auxilios, extintor y ruta de evacuación del laboratorio.
- Reportar inmediatamente cualquier incidente o accidente al docente.
- En caso de emergencia, conservar la calma y seguir las indicaciones del personal responsable.

### 6. Al finalizar la práctica

- Apagar y desconectar los equipos eléctricos.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	5 de 3

- Dejar los instrumentos en su lugar correspondiente, limpios y en orden.
- Registrar adecuadamente los datos tomados y asegurarse de que el espacio de trabajo quede limpio.
- No abandonar el laboratorio sin la revisión final del docente o monitor.

## PRACTICA Nro I

### Objetivos

Entender y familiarizarse con el tratamiento de datos y su presentación, teniendo en cuenta la incertidumbre propia de todo proceso de medición

Familiarizarse con el concepto de propagación del error para determinar incertidumbres de mediciones indirectas

### Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Reglas graduadas en decímetros, centímetros y milímetros.	1	
Cronómetro.	1	
Montaje de Péndulo Simple.	1	
Calculadora.	1	

### Marco teórico

#### INCERTIDUMBRE

Ninguna cantidad física (longitud, masa, temperatura, etc.) puede ser medida con completa certidumbre. Teniendo mucho cuidado se puede ser capaz de reducir las incertidumbres hasta que estas sean extremadamente pequeñas, pero no eliminarlas por completo.

Ejemplo: Se quiere medir la longitud de una hoja de papel. Para ello puede usarse

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	6 de 3

una regla calibrada en centímetros, pero es muy poco probable que el final de la hoja coincida exactamente con una de las líneas de graduación de la regla. De este modo, el error de la medición será del orden de 1 centímetro. Para minimizar el error podría pensarse en conseguir una cinta métrica calibrada en milímetros, pero de nuevo si el final de la hoja no coincide con una de las líneas de graduación el error sería de 1 milímetro. Si se quiere ser más preciso, se podría tratar de medir la longitud de la hoja usando interferómetro laser, pero incluso en este caso la incertidumbre será del orden de la longitud de onda de la luz ( $0.5 \times 10^{-6}m$ ).

## **ERROR**

El Análisis del error es el estudio y evaluación de las incertidumbres en las mediciones. No existen mediciones que estén completamente libres de error a pesar de todas las precauciones que se puedan tomar. En este sentido, la palabra “error” no toma la connotación usual de desacierto, sino que representa la incertidumbre inevitable que se presenta en cualquier medición. Experimentalmente lo mejor que se puede hacer es asegurarse de que el error sea tan pequeño como sea razonablemente posible y tener una estimación de su tamaño.

Tipos fundamentales de error:

**Errores Sistemáticos:** Son los debidos a la presencia de un factor no considerado en el montaje experimental o al mal conocimiento de algún otro. Como consecuencia el valor medido está siempre por encima o por debajo del valor verdadero. Pueden tener su origen en deficiencias de los aparatos. Su existencia es difícil de detectar, pero son los más fáciles de corregir pues sólo requieren de la adecuada calibración del aparato.

**Errores Accidentales:** Son los resultantes de la contribución de numerosas fuentes incontrolables que desplazan el valor medido por encima y por debajo del valor real. Idealmente puede considerarse que su contribución es absolutamente al azar, de forma que aunque son imposibles de eliminar totalmente, pueden ser estimados y de esta forma obtener el grado de confianza con el que hemos realizado la medida.

**Errores en Observaciones Directas:** Los errores estadísticos o aleatorios pueden ser estimados realizando un cierto número de veces “ $n$ ” el experimento. A estas medidas repetidas de una cierta magnitud,  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , las llamaremos datos.

## **MEJOR ESTIMADO-INCERTIDUMBRE**

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente sobre el mejor valor estimado y su incertidumbre, como regla general, el resultado de cualquier medición de una cantidad física “ $x$ ” está dado por:

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	7 de 3

$$\text{Valor medido de } x = x_{prom} \pm \partial x$$

Donde:

$x_{prom}$  representa el promedio de todos los datos medidos. Este valor está dado por la suma de todos los datos dividido en la cantidad de datos medidos.  $\partial x$  define el intervalo en el que se encuentran los datos medidos. (dependiendo de los datos medidos este valor al aplicar los dos casos que se presentan a continuación dan el mismo resultado, de no ser así se promedian los dos resultados para obtener el valor propio de  $\partial x$ )

$$\partial x_1 = \text{Dato mayor} - x_{prom}$$

$$\partial x_2 = x_{prom} - \text{Dato menor}$$

$$\text{Si } \partial x_1 = \partial x_2 = \partial x$$

$$\text{Si } \partial x_1 \neq \partial x_2 \Rightarrow \partial x = (\partial x_1 + \partial x_2) / 2$$

### DISCREPANCIA

La discrepancia hace referencia al desacuerdo “DIFERENCIA” que existe entre dos valores medidos de una misma cantidad.

Ejemplo: si se tomaron dos medidas de una longitud y los datos medidos son  $20\text{cm}$  y  $23\text{cm}$ ,  $20\text{cm} - 23\text{cm} = 3\text{cm}$  luego existe una discrepancia de  $3\text{cm}$ . Por otra parte, si se busca calcular la discrepancia de dos medidas o dos valores dados que cuentan con su respectiva incertidumbre, es posible definir si esa discrepancia es insignificante o no; por ejemplo, si se tienen dos medidas de resistencia  $40 \pm 5\Omega$  y  $42 \pm 8\Omega$ ,  $40\Omega - 42\Omega = 2\Omega$  luego la discrepancia es de  $2\Omega$  pero  $2\Omega$  es menor que cualquiera de las incertidumbres de esos dos valores así que se puede considerar que la discrepancia es insignificante.

### INCERTIDUMBRE FRACCIONAL Y PORCENTUAL

La incertidumbre fraccional representa la calidad de la medición y la incertidumbre porcentual expresa el valor de la incertidumbre fraccional en términos estadísticos “%”.

Incetidumbre fraccional:

$$\frac{\partial x}{x_{prom}}$$

Luego la medida se puede expresar en términos de la incertidumbre fraccional de la siguiente manera:



$$x = x_{prom} \pm \frac{\partial x}{x_{prom}}$$

Incertidumbre porcentual:

$$\left(\frac{\partial x}{x_{prom}}\right) * 100\%$$

Luego la medida se puede expresar en términos de la incertidumbre porcentual de la siguiente manera:

$$x = x_{prom} \pm \left(\frac{\partial x}{x_{prom}}\right) * 100\%$$

### PROPAGACION DE LA INCERTIDUMBRE

La mayoría de las cantidades físicas no pueden ser medidas de forma directa, sino que deben ser determinadas indirectamente mediante un cálculo en términos de dos o más variables medidas directamente. A continuación, se muestra la manera de operar valores que están presentados con sus respectivas incertidumbres:

Sean los valores:

$$x = x_{prom} \pm \partial x \text{ e } y = y_{prom} \pm \partial y$$

Suma  $q = x + y$

$$q = (x_{prom} + y_{prom}) \pm (\partial x + \partial y)$$

Resta  $q = x - y$

$$q = (x_{prom} - y_{prom}) \pm (\partial x + \partial y)$$

Producto  $q = x * y$

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	9 de 3

$$q = (x_{prom} * y_{prom}) \pm (x_{prom} * \partial y + y_{prom} * \partial x + \partial x \partial y)$$

Producto (Fraccional)

$$q = (x_{prom} * y_{prom}) \pm (x_{prom} * y_{prom}) \left( \frac{\partial x}{|x_{prom}|} + \frac{\partial y}{|y_{prom}|} \right)$$

Cociente (fraccional)

$$q = \left( \frac{x_{prom}}{y_{prom}} \right) \pm \left( \frac{x_{prom}}{y_{prom}} \right) \left( \frac{\partial x}{|x_{prom}|} + \frac{\partial y}{|y_{prom}|} \right)$$

### CIFRAS SIGNIFICATIVAS

En trabajos de alta precisión, las incertidumbres son usualmente establecidas hasta de dos cifras significativas, pero en el trabajo introductorio del laboratorio se puede adoptar como regla general que las incertidumbres experimentales deben ser redondeadas a una cifra significativa.

Ejemplo: para un valor de incertidumbre 0.02385 debe ser redondeada a 0.02. Sin embargo, existe una excepción a esta regla: si el número que determina la incertidumbre es 1, entonces puede ser mejor mantener la siguiente cifra significativa. Por ejemplo, si se tiene un valor de incertidumbre de 0.14 redondear a 0.1 puede representar una substancial reducción proporcional, de modo que es mejor mantener la siguiente cifra significativa.

Una vez la incertidumbre ha sido estimada, se debe considerar cuales son las cifras significativas de la cantidad medida.

No es correcta, dado que la incertidumbre de 20 significa que el dígito "5" (tercera posición de 1053.87) puede realmente ser tan pequeño como  $(3 = 5 - 2)$  o tan grande como  $(7 = 5 + 2)$ . De cualquier forma, los dígitos 3.87 no tienen ningún sentido, y deben ser descartados. La forma correcta de establecer la medición debe ser:

$$velocidad = 1053.87 \pm 20 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

De aquí se deduce otra regla que debe ser observada a la hora de presentar resultados de una medición:

“La última cifra significativa en cualquier respuesta debe ser del mismo orden de magnitud (en la misma posición decimal) que la incertidumbre.”

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	10 de 3

La anterior regla se aplica a la presentación de los resultados. En los cálculos intermedios debe mantenerse una cifra significativa más que la que es finalmente justificada, esto reduce los errores de redondeo. Sin embargo, la respuesta final deber ser redondeada eliminando esta cifra significativa extra. Debe también tenerse en cuenta la elegancia en la presentación de los resultados: claramente es mejor escribir:

$$C = (2.35 \pm 0.04) \times 10^{-19} \text{ [Coulombs]}$$

Que escribir:

$$C = 2.35 \times 10^{-19} \pm 4 \times 10^{-21} \text{ [Coulombs]}$$

## CUESTIONARIO

¿Qué es una medición y medir?

Consultar y dar ejemplo de mediciones directas e indirectas.

¿Qué es una medida ideal?

Si una medición de longitud es realizada con una regla graduada en milímetros, ¿cuál es la incertidumbre de la medida?

Si una medición de longitud es realizada con una regla graduada en centímetros, ¿cuál es la incertidumbre de la medida?

¿Cuál es la expresión utilizada para calcular el periodo con un péndulo simple a partir del número de oscilaciones y el tiempo?

## PROCEDIMIENTO

1. Escriba el siguiente conjunto de datos de mediciones de la tabla 1 en la forma presentada:

Mejor estimado de la medición	Rango de confianza	$x_{prom} \pm \partial x$
210mm	180mm - 240mm	
30 V	27.5 V – 32.5 V	
0.3 A	0.1A - 0.5A	
0.52 mV	0.47 mV – 0.57 mV	



2. Reescriba las medidas que se presentan en la tabla 2 con el número correcto de cifras significativas.

Cantidad física	Mediciones	Cifras significativas
Altura (m)	<b>5, 03 ± 0, 04328</b>	
Tiempo (seg)	<b>17, 5325 ± 5</b>	
Carga eléctrica (C)	<b>-2, 32 × 10<sup>-19</sup> ± 1, 60 × 10<sup>-20</sup></b>	
Longitud de onda (m)	<b>0, 000000754 ± 0, 00000005</b>	
Momentum (gr.cm/seg)	<b>453, 13 × 10<sup>-3</sup> ± 0, 039</b>	

3. Un estudiante mide 10 veces la densidad de cierto objeto y obtiene como resultado la serie de datos que se presentan en la tabla

Valores de densidad [ <i>gr/cm</i> 3]	
1.8	1.7
2.0	1.9
2.0	2.0
1.9	1.9
1.8	2.1
<i>ρ<sub>prom</sub> ± ∂ρ =</i>	
<i>Discrepancia con 1.83 gr/cm<sup>3</sup></i>	

Identifique el mejor estimado con su respectiva incertidumbre y registre este valor en la anterior tabla.

Calcule la discrepancia entre el valor obtenido en el paso anterior y el valor aceptado para la densidad del objeto  $1.83\text{gr/cm}^3$







<i>n = 20 osc.</i>			
Cantidad de mediciones	Tiempo " <i>t</i> " [seg]	Periodo " <i>T</i> " [seg]	<i>T</i> <sub>prom</sub> ± $\partial T$
2 mediciones			
10 mediciones			

**PREGUNTAS DE CONTROL**

- 1.¿Cree usted que la discrepancia calculada en el inciso 3 del procedimiento es significativa? Sustente su respuesta.
- 2.¿Qué conclusión se puede extraer del experimento realizado en el inciso 4 del procedimiento?
- 3.De las dos mediciones realizadas en el inciso 6 del procedimiento para el sistema del péndulo simple, ¿Cuál cree usted que resulta ser la más exacta? Sustente su respuesta

**CONCLUSIONES**

**REFERENCIAS**

- 1.Serway, R. & Jewet, J.: Física para ciencias e ingeniería Volumen 1. Séptima edición. Cengage Learning Editores S.A. de C.V., 2008.
- 2.Sears, F. & Zemansky, M.: Young, H. & Freedman, R.: Física universitaria volumen 3. Decimosegunda edición. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2009.
- Ohanian, H. & Markert, J.: Física para ingeniería y ciencias Volumen 1. Tercera

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	15 de 3

edición. W. W. Norton & Company, Inc. New York-London, 2007.



## PRACTICAS Nro 2

### ANALISIS GRAFICO

#### OBJETIVOS

1. Aprender a identificar las variables que intervienen en un experimento de física. Así mismo relacionar las variables representadas mediante una función matemática.
2. Aprender a elaborar correctamente gráficas en papel milimetrado, a fin de facilitar la interpretación y cálculo de las constantes físicas de interés.
3. Linealizar el comportamiento de las gráficas para facilitar el estudio de las constantes físicas de interés, a partir de la obtención de la pendiente y término independiente producto de la linealización

#### MATERIALES

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Papel milimetrado.	4	Suministrados por el estudiante
Escuadras.	2	
Calculadora	1	

#### MARCO TEORICO

En física es muy importante, además de predecir el error que tiene una medición, formular la ley que rige el fenómeno en estudio, o sea, que las experiencias realizadas permitan determinar la tendencia o relación entre las variables que influyen en el evento estudiado. Estas leyes físicas expresadas en forma matemática es lo que constituye una “relación funcional”.

Uno de los objetivos del experimentador es tratar de expresar la relación entre las diferentes variables en su experimento en la forma de una ecuación matemática. Así, cuando una cantidad se relaciona con otra por medio de alguna ecuación, se dice que una de las cantidades es función de la otra. Si la variable observable “y” está relacionada con la variable “x”, se dice que y es una función de x. Generalmente, esta relación se escribe, en notación abreviada, como  $y = f(x)$  la cual se lee: “y es una función de x”. Cuando los valores de y dependen de los de x, la variable y se denomina variable dependiente y x es la variable independiente.

La tarea que nos ocupa ahora es analizar las diferentes formas que puede adoptar la función  $f(x)$  obtenida a partir de una serie de datos experimentales.



Una de las mejores maneras de llegar al tipo de dependencia funcional que existe entre dos variables, es dibujar una gráfica de las variables en un sistema cartesiano de coordenadas. Así los valores experimentales de la variable independiente se marcan en el eje horizontal (abscisa) y la variable dependiente se marca sobre el eje vertical (ordenada). Después de analizar si la tendencia de los puntos en el gráfico se ajusta a una línea recta o a una curva, se puede determinar la naturaleza de la función que relaciona las variables, especialmente si esta función tiene una forma sencilla.

Uno de los requisitos más importantes del gráfico, es la elección de escalas para los dos ejes de coordenadas. Debe tenerse presente que el gráfico de datos de laboratorio carece de significado, si no se identifica cada eje con la cantidad medida y las unidades utilizadas para medir. A continuación, se presentan algunas sugerencias para la elaboración de gráficas:

Poner un título al gráfico que sea conciso y claro. Ejemplo: distancia vs. tiempo (ó " $x$  vs.  $t$ "). Para la realización del grafico use, papel milimetrado.

Seleccionar una escala que facilite la representación y la lectura. Se deben elegir escalas que puedan subdividirse fácilmente. No es necesario representar ambas cantidades en la misma escala, ni que comience en cero.

Representar todos los datos observados. Demarcar claramente los puntos experimentales con un punto dentro de un pequeño círculo, o dentro de un triángulo, o algún otro símbolo semejante.

Unir el mayor número de puntos con una curva suave, de modo que aquellos que queden por fuera de la curva queden igualmente repartidos por encima y por debajo.

Si el gráfico no es una recta, puede utilizarse para el trazado una plantilla especial llamada curvígrafo.

Un gráfico quedará más claro y adquirirá una mejor presentación si se hace uso de carteles interiores al gráfico, con información complementaria relevante para entender en qué contexto se muestran los datos o sobre las condiciones experimentales particulares bajo las que se los han obtenido.

En el análisis de un problema de física se puede partir de la teoría que predice una cierta ley física la cual se expresa con una ecuación cuya forma matemática nos guiará al analizar la forma del gráfico. La función matemática más simple es la línea recta y es por ello que tiene gran importancia en el análisis de datos experimentales. Por lo tanto, es útil linealizar la curva cuando ésta no sea una recta. Y determinando la pendiente y la intersección con el eje " $y$ ", se puede deducir valores numéricos de la pendiente y el termino independiente.



A continuación, se muestran las funciones más comunes con la respectiva ecuación que la define y la manera de obtener la pendiente. (Para los casos potencial y exponencial, se muestra como linealizar para obtener la pendiente fácilmente).

**FUNCIÓN LINEAL ( $y = ax + b$ )**

Toda ecuación que este dada de la forma  $y = ax + b$  (donde  $a$  y  $b$  son constantes) representa una recta, lo cual se puede verificar si se asignan valores a las constantes “ $a$ ” y “ $b$ ” y se realiza una asignación de valores a “ $x$ ”. Un ejemplo de una ecuación que está dada de esta forma es la expresión de la velocidad en el caso del lanzamiento vertical hacia abajo:

$$\begin{array}{cccc} v & = & gt & + & v_0 \\ \downarrow & & \downarrow\downarrow & & \downarrow \\ y & = & ax & + & b. \end{array}$$

Como se puede notar la ecuación para la velocidad cumple con la forma de una función lineal. En toda ecuación de la forma  $y = ax + b$ , “ $a$ ” representa la pendiente de la recta, luego para el caso de la velocidad, la pendiente estaría representada por el valor de la gravedad ( $g$ ). Este valor de la pendiente para la ecuación de la recta  $y = ax + b$  se puede calcular de la siguiente manera:

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

**FUNCIÓN POTENCIAL ( $y = cx^n$ )**

Toda ecuación que está dada de la forma  $y = cx^n$  (donde  $c$  y  $n$  son constantes) representa una función potencial, la cual se puede linealizar aplicando logaritmo a ambos lados de la igualdad de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ccccccc} \log y & = & n \log x & + & \log c \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ y & = & a & x & + & b. \end{array}$$



Al aplicar logaritmo a los términos que definen la función potencial cumpliendo la ecuación presentada, se puede obtener una representación lineal (ecuación de la recta). Luego de convertir función potencial a una forma de recta se puede obtener la pendiente aplicando la ecuación.

### **FUNCIÓN EXPONENCIAL ( $y = ka^{bx}$ )**

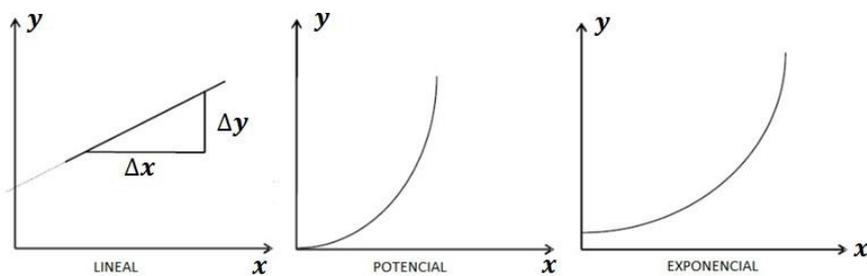
Toda ecuación que está dada de la forma  $y = ka^{bx}$  (donde  $k$ ,  $b$  y  $a$  son constantes) representa una función exponencial la cual se puede linealizar aplicando logaritmo a ambos lados de la igualdad de la siguiente manera:

$$\log y = bx (\log a) + \log(k)$$

Si “ $a$ ” vale 10, debe aplicarse logaritmo en base diez. Si “ $a$ ” tiene cualquier valor, debe aplicarse logaritmo en base a ese valor. Ejemplo:  $a = 2$ , se aplica logaritmo en base 2 luego se tiene:

$$\begin{array}{ccccccc} \log y & = & b & x & + & \log k & \\ \downarrow & & \downarrow & \downarrow & & \downarrow & \\ y & = & a & x & + & b. & \end{array}$$

Al aplicar logaritmo a los términos que definen la función exponencial cumpliendo la ecuación presentada, se puede obtener una representación dada de la forma de una ecuación de la recta. Luego de convertir función exponencial a una forma de recta se puede obtener la pendiente aplicando la ecuación.





## TRAZADO DE UNA RECTA QUE PASE ENTRE VARIOS PUNTOS

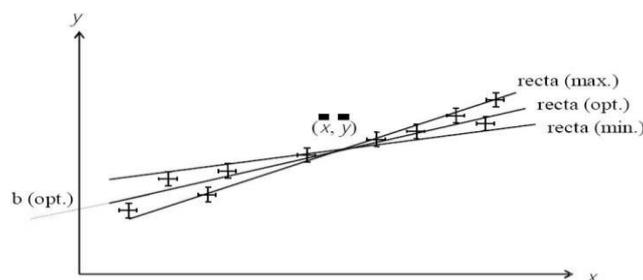
Cuando se grafican puntos experimentales y por ejemplo se obtiene una línea recta como gráfico, ésta usualmente no pasará por todos los puntos graficados. Los métodos estadísticos demuestran que siempre que la dispersión de los puntos experimentales se deba a los errores casuales de medición, la mejor recta pasará por el centroide de los puntos experimentales que es el punto con las coordenadas  $(\bar{x}, \bar{y})$ , donde “ $\bar{x}$ ” es el valor medio de las coordenadas “ $x$ ” de todos los puntos, y “ $\bar{y}$ ” el promedio de las coordenadas “ $y$ ”. Así, es posible dibujar otras rectas alternativas. La pendiente y la intersección pueden ser obtenidos de la mejor recta que se pueda dibujar, o sea, la recta que mejor se ajuste: con igual peso en lo posible, esto es, igual número de puntos por encima y por debajo de la recta. El centroide se calcula entonces como:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

Una vez definido el centroide, la recta de máxima pendiente se construye, como la recta que pasa por el centroide y por la mayoría de los puntos situados en la parte superior derecha del centroide y en la parte inferior izquierda de éste como se muestra en la figura 2. La recta de pendiente mínima debe pasar por el centroide y por la mayoría de puntos situados en la parte inferior derecha del centroide y en la parte superior izquierda de él. La ecuación de la recta óptima es la recta equidistante a ambas rectas y que pasa por el centroide. Así la recta óptima será

$$y = a_{\acute{o}bt}x + b_{\acute{o}bt},$$

donde  $a_{\acute{o}bt}$  es la pendiente óptima y  $b_{\acute{o}bt}$  es el punto de corte óptimo con el eje “ $y$ ”.





### CUESTIONARIO

1. Investigar las propiedades de los logaritmos (muestre varios ejemplos).
2. Investigar el comportamiento de las funciones: exponencial, logarítmica y potencial.
3. Investigar el comportamiento físico de: fuerza vs. aceleración, voltaje vs. resistencia, voltaje vs. corriente, potencia vs. velocidad.
4. Investigar y mencionar al menos 4 expresiones matemáticas (ecuaciones) que definan un fenómeno físico y que a su vez satisfagan la ecuación de la recta.

### ANALISIS

1. Para un objeto con movimiento uniformemente acelerado se hicieron las siguientes mediciones.

$t(s)$	1	2	3	4
$v(m/s)$	8	11	14	17

Velocidad de un objeto con movimiento uniformemente acelerado.

Grafique sobre papel milimetrado los datos de la tabla.

Compare la gráfica obtenida, con las estudiadas anteriormente. ¿Con cuál tiene mayor semejanza?

1. Al soltar un objeto en caída libre, se hicieron las mediciones que se indican en la tabla 2.

$t(s)$	1	1.5	2	2.5
$d(m)$	4.9	11	19.6	30.6

Tabla 2. Distancia en función del tiempo para un objeto que cae libremente.

Grafique en el papel milimetrado los datos de la tabla 2.

Compare la curva obtenida con las estudiadas anteriormente. ¿Con cuál tiene mayor semejanza?

2. Se tiene una cierta cantidad del elemento químico polonio, el cual al transcurrir los días comienza a desintegrarse, tal como se indica en la tabla 3.

$t(días)$	0	138	276	414
$P(\%)$	100	50	25	12.5



Grafique el porcentaje “P” en función del tiempo “t”.

Compare la gráfica obtenida, con las estudiadas anteriormente. ¿Con cuál de ellas tiene mayor semejanza?

3. Se aplica una fuerza constante  $F$  a un carrito de masa  $m$  y se mide su aceleración  $a$  del movimiento producido. Se repite el procedimiento para otros valores de masa manteniendo siempre la misma fuerza. Los resultados se consignan en la tabla 4.

$m$ (kg)	1	2	3	4	5	6
$a$ (m/s <sup>2</sup> )	24.30	13.17	8.25	6.30	4.90	4.25

Dibujar la gráfica  $a$  en función de  $m$ .

Se sabe que:  $F = ma$ . Deducir gráficamente la constante  $F$ .

Encuentre la aceleración, cuando la masa del carrito es  $m = 100kg$ .

### PREGUNTAS DE CONTROL

1. En el inciso 1, de la sección análisis, ¿La recta pasa por el origen de coordenadas? ¿Qué indica esto? ¿Cuál es la ley que rige el movimiento?

2. En el inciso 2, de la sección análisis según el tipo de función, ¿puede obtener una línea recta? ¿cómo lo haría? Sustente su respuesta. Si su respuesta es sí, encuentre la pendiente de la recta. Sustituya los valores encontrados en la ecuación correspondiente y encuentre la ley que rige el movimiento.

3. La relación funcional entre las variables del inciso 3 del procedimiento es: lineal, potencial ó exponencial. ¿Por qué? Según el tipo de función, ¿se puede obtener una línea recta? ¿Cómo lo haría? Sustente su respuesta. Si su respuesta es sí, encuentre la pendiente de la recta. Sustituya los valores encontrados en la ecuación correspondiente y encuentre la ley que rige el fenómeno físico.

4. Realice la regresión lineal de la tabla 3 y encuentre la ecuación del porcentaje de polonio dependiente del tiempo. ¿Qué cantidad de polonio quedará después de un año?

### CONCLUSIONES

### REFERENCIAS

1. [Bertha Oda Noda](#), “Introducción al análisis grafico de datos experimentales”, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias (UNAM, 2005), 212 páginas.



**PRACTICA Nro 3  
TOMA DE DATOS PARA MEDIDAD PEQUEÑAS**

**OBJETIVOS**

- ❖ Analizar la incertidumbre que generan algunos instrumentos en su medida
- ❖ Medir algunos objetos pequeños y analizar el error absoluto en la medición.

**MATERIALES**

CANTIDAD	INSTRUMENTO
1	Moneda
1	Balín
1	Arandela
1	Nailon
1	Micrómetro
1	Pie de rey
1	Regla.

**MARCO TEÓRICO**

Un instrumento de medición es una herramienta que se usa para medir una magnitud física. La medición es el proceso que permite obtener y comparar cantidades físicas de objetos y fenómenos del mundo real. Como unidades de medidas se utilizan objetos y sucesos previamente establecidos como estándares o patrones, y de la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia. Los instrumentos de medición son el medio por el que se hace esta conversión lógica. La acción que se realiza para obtener los datos es medir, y todo el proceso de comparación con los patrones definidos se conoce como medición.

Las características importantes de un instrumento de medida son:

- **Precisión:** es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	24 de 3

Exactitud: grado de acercamiento de las medidas de una cantidad al verdadero valor de esa cantidad.

Resolución: es la mínima variación de la magnitud que es posible medir con el instrumento de medida indicado.

Apreciación: es la medida más pequeña perceptible en un instrumento de medida.

Sensibilidad: es la relación de desplazamiento entre el indicador de la medida del instrumento utilizado y la medida real.

## **INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

Se utilizan una gran variedad de instrumentos para llevar a cabo estas mediciones de las diferentes magnitudes físicas que existen. Desde objetos sencillos como reglas y cronómetros hasta los microscopios electrónicos y aceleradores de partículas.

A continuación, se indican algunos instrumentos de medición existentes en función de la magnitud que miden:

Para medir masa:

Balanza

Báscula

Espectrómetro de masa

Catarómetro

Para medir tiempo:

Calendario

Cronómetro

Reloj de arena

Reloj atómico

Para medir longitud:

Cinta métrica.

Regla graduada.

Calibre, también llamado pie de rey o calibre vernier

Micrómetro, también llamado tornillo de Palmer

Para medir ángulos:

Goniómetro

Sextante

Transportador

Para medir temperatura:

Termómetro

Termopar

Pirómetro

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	25 de 3

Para medir presión:

Barómetro

Manómetro

Tubo de Pitot

Para medir velocidad:

Velocímetro

Anemómetro (mide la velocidad del viento)

Tacómetro (mide la velocidad de giro de un eje)

Para medir propiedades eléctricas:

Electrómetro

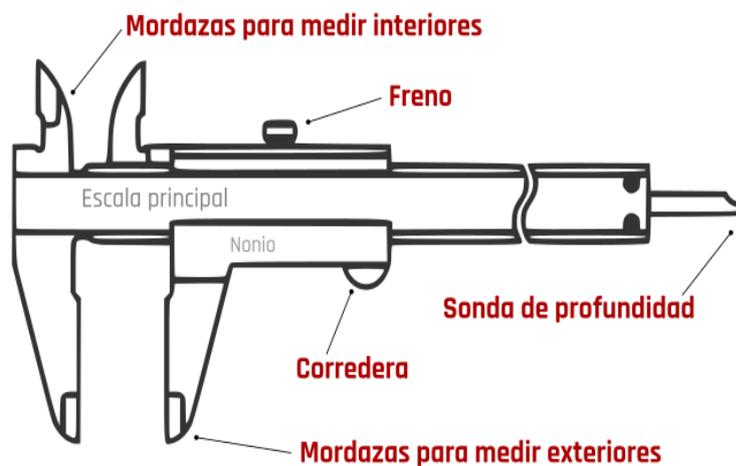
Galvanómetro

Multímetro

## VERNIER

El calibre (también denominado vernier, cartabón de corredera, pie de metro o pie de rey) es un instrumento de medición, principalmente de diámetros exteriores, interiores y profundidades, utilizado en el ámbito industrial. El vernier es una escala auxiliar que se desliza a lo largo de una escala principal para permitir en ella lecturas fraccionales exactas de la mínima división. Para lograr lo anterior, una escala vernier está graduada en un número de divisiones iguales en la misma longitud que  $n-1$  divisiones de la escala principal; ambas escalas están mar

Es un instrumento sumamente delicado y debe manipularse con habilidad, cuidado, delicadeza, con precaución de no rayarlo ni doblarlo (en especial, la colisa de profundidad). Deben evitarse especialmente las limaduras, que pueden alojarse entre sus piezas y provocar daños.



Partes de un calibre

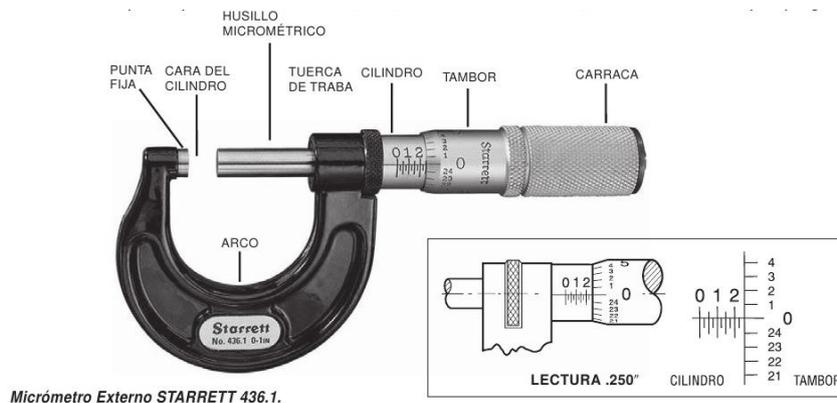


## MICROMETRO

El micrómetro, también llamado tornillo de Palmer, calibre Palmer o simplemente palmer, es un instrumento de medición cuyo nombre deriva etimológicamente de las palabras griegas (Mikrómetro). Su funcionamiento se basa en un tornillo micrométrico que sirve para valorar el tamaño de un objeto con gran precisión, en un rango del orden de centésimas o de milésimas de milímetro (0,01 mm y 0,001 mm, respectivamente).

Para proceder con la medición posee dos extremos que se aproximan progresivamente. El tornillo micrométrico es un tornillo de rosca fina que dispone en su contorno de una escala grabada, la cual puede incorporar un nonio. La longitud máxima mensurable con el micrómetro de exteriores es normalmente de 25 mm, si bien también los hay de 0 a 30, siendo por tanto preciso disponer de un aparato para cada rango de tamaños a medir: 0-25 mm, 25-50 mm, 50-75 mm, etc.

Además, suele tener un sistema para limitar la torsión máxima del tornillo, necesario, pues al ser muy fina la rosca no resulta fácil detectar un exceso de fuerza que pudiera ser causante de una pérdida en la exactitud.



## REGLA GADUADA

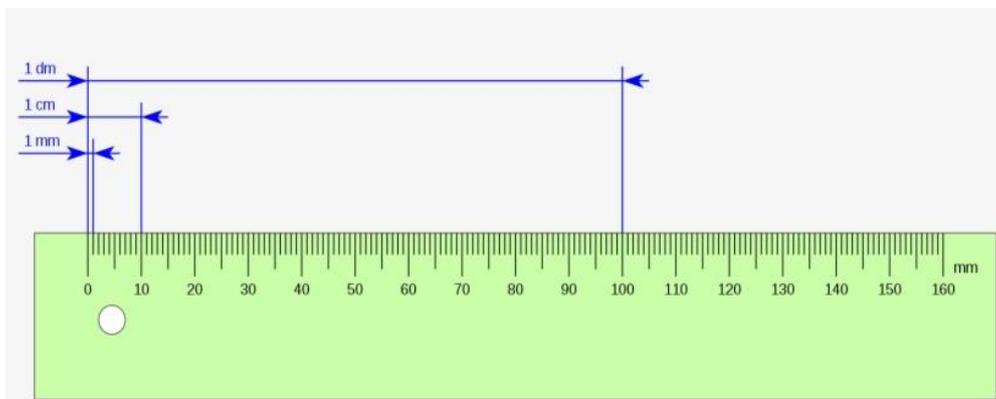
La regla graduada es un instrumento de medición con forma de plancha delgada y rectangular. Incluye una escala graduada longitudinal, y puede ser rígida, semirrígida o flexible. Suele estar construida de madera, metal o material plástico, entre otros materiales. Las reglas destinadas a talleres y laboratorios mecánicos requieren de una resistencia aún mayor, por lo que están fabricadas en acero inoxidable (para evitar que la formación de óxido dificulte la lectura o borre la escala). Las reglas fabricadas en metal tienen una superficie opaca para evitar el deslumbramiento al leer en talleres o laboratorios mecánicos. Las reglas hechas de madera o plástico, usadas en



papelería o para dibujo técnico, se usan comúnmente en la escuela y se guardan en el estuche.

Su longitud total rara vez supera el metro, y la mayoría se construyen de 30 centímetros. Incluye una graduación, en el sistema métrico decimal en milímetros, centímetros y decímetros, o con alguna otra unidad de medida, como en el caso del sistema anglosajón de unidades, donde se usan pulgadas o fracción de pulgada.

Las reglas se utilizan para trazar rectas, verificar la alineación o servir de guía, o para medir. En un juego de escuadras suele incluirse junto con la escuadra, el cartabón, el transportador y el compás.



**PREGUNTAS DE CONTROL.**

- 1.Cual es la semejanza en los instrumentos de medición que se van a utilizar. (Vernier, micrómetros y Regla Graduada.)
- 2.Como se utilizan las cifras significativas en las mediciones.
- 3.Cuales son los criterios que ustedes toman como experimentadores para utilizar un instrumento de medición.
- 4.Explice con caridad que es la medición.

**PROCEDIMIENTO**

1.Tome la Arandela, cada estudiante realice una medición utilizando la regla graduada, el vernier y el micrómetro, consígnelas en las siguientes 3 tablas.

	Regla	Regla	Regla	Promedio	Incertidumbre
Diámetro Exterior					
Diámetro Interior					



# Manual de Practicas

Código

FGA-73 v.00

Página

28 de 3

Espesor					
	Vernier	Vernier	Vernier	Promedio	Incertidumbre
Diámetro Exterior					
Diámetro Interior					
Espesor					
	Micrómetro	Micrómetro	Micrómetro	Promedio	Incertidumbre
Diámetro Exterior					
Diámetro Interior					
Espesor					
2. Tome la Moneda, cada estudiante realice una medición utilizando la regla graduada, el vernier y el micrómetro, consígnelas en las siguientes 3 tablas .					
	Regla	Regla	Regla	Promedio	Incertidumbre
Diámetro					
Espesor					
Area					
	Vernier	Vernier	Vernier	Promedio	Incertidumbre
Diámetro					
Espesor					
Area					
	Micrómetro	Micrómetro	Micrómetro	Promedio	Incertidumbre
Diámetro					
Espesor					

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	29 de 3

Área					
------	--	--	--	--	--

3. Tome el balin, cada estudiante realice una medición utilizando la regla graduada, el vernier y el micrometro, consígnelas en las siguientes 3 tablas .

	Regla	Regla	Regla	Promedio	Incertidumbre
Diámetro					
Volumen					

	Vernier	Vernier	Vernier	Promedio	Incertidumbre
Diámetro					
Volumen					

	Micrómetro	Micrómetro	Micrómetro	Promedio	Incertidumbre
Diámetro					
Volumen					

### ANÁLISIS DE LOS DATOS

1. A que atribuye que las mediciones de cada estudiante den resultados diferentes, y si les dieron iguales porque ocurre este fenómeno.
2. Cuantas cifras significativas utilizaron para cada medición, explique cuál fue el criterio para realizarlo de esa manera.
3. Porque creen que existe diferencia a la hora de realizar la medición con los instrumentos.
4. Que diferencias y semejanzas existen entre el vernier, el micrómetro y la regla graduada en las mediciones realizadas
5. Explique cómo funciona la precisión, exactitud y veracidad de cada uno de los instrumentos con los datos que obtuvo, realice una categorización de este hecho.
6. Explique los valores de las incertidumbres de cada una de las mediciones y explique cómo se pueden mejorar
7. Explique los errores cualitativos presente en las mediciones.

### CONCLUSIONES

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	30 de 3

## REFERENCIAS

### WEB:

[https://es.wikipedia.org/api/rest\\_v1/page/pdf/Calibre\\_%28instrumento%29](https://es.wikipedia.org/api/rest_v1/page/pdf/Calibre_%28instrumento%29)

<https://www.redeweb.com/actualidad/vernier/>

<https://www.areatecnologia.com/herramientas/micrometro.html>

[https://es.m.wikipedia.org/wiki/Regla\\_graduada](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Regla_graduada)

<https://como-funciona.co/regla-graduada/>

### LIBROS:

Adriana G. Peña, Gloria María D., Introduccion de errores en la mediciones, BYSAC, 2018.

Nelson bedoya, Luis Fernando Giraldo, Jaime Restrepo, Guias practicas para la calibración de instrumentos de medicion, Editorial ITM, 2016.



**PRACTICAS Nro 4**  
**ANALISIS VECTORIAL**

**OBJETIVOS**

1. Encontrar la fuerza resultante de dos vectores.
2. Aplicar un sistema para comprender el análisis vectorial.
3. Verificar experimentalmente las condiciones de equilibrio para un sistema.

**MATERIALES**

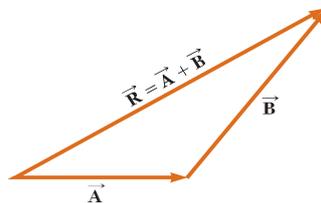
Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Mesa de fuerzas	1	
Poleas	3	
Anillo plástico	1	
Portapesas + hilo	1	
Juego de masas	1	
Papel milimetrado	2	Suministrado por el estudiante.



### MARCO TEORICO

#### Suma de vectores

Considere los vectores  $A^{\rightarrow}$  y  $B^{\rightarrow}$  que se muestran en la Figura. El vector resultante  $R^{\rightarrow} = A^{\rightarrow} + B^{\rightarrow}$  está determinado por el vector que une el origen del vector  $A^{\rightarrow}$  con el extremo final del vector  $B^{\rightarrow}$ .



Analíticamente, la suma de los vectores  $A^{\rightarrow} = Ax\hat{i} + Ay\hat{j}$  y  $B^{\rightarrow} = Bx\hat{i} + By\hat{j}$  es igual a:

$$R^{\rightarrow} = (A_x + B_x)\hat{i} + (A_y + B_y)\hat{j}$$

La magnitud y dirección del vector resultante  $R^{\rightarrow}$  están determinadas por:



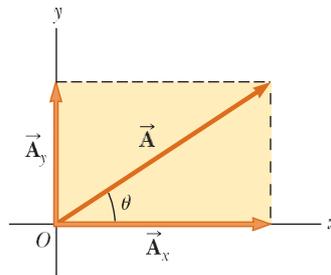
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$$

donde  $R_x = A_x + B_x$  y  $R_y = A_y + B_y$ .

### Descomposición de vectores

Considere el vector  $\vec{A}$  que está en el plano xy y forma un ángulo  $\theta$  con el eje x como muestra la Figura.



Las componentes rectangulares del vector  $\vec{A}$  estarán determinadas por:

$$A_x = A \cos \theta$$

$$A_y = A \sin \theta$$

### CUESTIONARIO

1. ¿Qué es un vector y cuáles son sus características?
2. ¿En qué consiste el método del paralelogramo? Explique con un ejemplo.
3. Sean los vectores  $\vec{A} = 4\hat{i} + 5\hat{j}$  y  $\vec{B} = -2\hat{i} + 3\hat{j}$ , encontrar la magnitud y dirección del vector resultante gráficamente y analíticamente.
4. Sea el vector con coordenadas polares  $\vec{A}(r, \theta) = (6, 38^\circ)$ , graficar el vector en el plano xy y encontrar sus componentes rectangulares  $\vec{A}(x, y)$ .

### PROCEDIMIENTO

Montaje experimental 1: suma de vectores

Realice el montaje de las poleas y el juego de masas como se observa en la Figura. Para ello ubique la polea 1 en un ángulo  $\theta_1$  entre 0 y 90 grados (diferente de  $0^\circ$  y  $90^\circ$ ) según indique el goniómetro de la mesa y regístrelo en la Tabla 1 como  $\theta_1$ . Sobre el portapesas que pasa por esta polea, coloque una masa menor que 150 gr. y regístrela en la Tabla 1 como  $m_1$ .



Ubique la polea 2 en un ángulo  $\theta_2$  entre 90 y 180 grados (diferente de  $90^\circ$  y  $180^\circ$ ) según indique el goniómetro de la mesa y regístrelo en la siguiente Tabla como  $\theta_2$ . Sobre el portapesas que pasa por esta polea, coloque una masa menor que 150 gr. y regístrela en la Tabla 2 como  $m_2$ .

Ahora ubique la polea 3 y varié la masa del portapesas 3 hasta que quede centrado el anillo con el círculo dibujado sobre la mesa de fuerzas. Registre el ángulo de la polea 3 como  $\theta_e$  (ángulo equilibrante) y la masa del portapesas 3 como  $m_e$  (masa equilibrante) en la Tabla 2.



Montaje experimental.

NOTA: Para minimizar el efecto de la fricción en la polea, mueva el hilo de una de las componentes hasta que se equilibre.

#### Montaje experimental 2: composición de vectores

Coloque la polea 1 a 0 grados y en el portapesas coloque una masa menor que 150 gr. Registre esta masa como  $m_1$  en la Tabla 4.

Coloque la polea 2 a 90 grados y en el portapesas coloque una masa menor que 150 gr. Registre esta masa como  $m_2$  en la Tabla 4.

Coloque masa sobre el portapesas 3 y ajuste la polea 3 hasta que se equilibre el anillo con el círculo dibujado sobre la mesa de fuerzas. Cuando se logre el equilibrio, registre en la Tabla 4 la masa del portapesas 3 como  $m_e$  y el ángulo de la polea 3 como  $\theta_e$ .



ANALISIS

Convierta a kilogramos las masas  $m_1$ ,  $m_2$  y  $m_e$ . registre estos datos en la Tabla 1.

A cada dato de masa anterior, multiplíquelos por la gravedad ( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ) para encontrar las fuerzas  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_e$  respectivamente.

Recuerde que la masa resultante es igual a la masa equilibrante ( $m_r = m_e$ ), que la magnitud de la fuerza resultante es igual a la magnitud de la fuerza equilibrante ( $F_r = F_e$ ) y que la dirección de la fuerza resultante es  $180^\circ$  menos que la dirección de la fuerza equilibrante ( $\theta_r = \theta_e - 180^\circ$ ). Registre estos valores en la Tabla 1.

Masas m(gr)	Masas m(kg)	F=mg(N)	Ángulo (grados)
$m_1=$	$m_1=$	$F_1=$	$\theta_1=$
$m_2=$	$m_2=$	$F_2=$	$\theta_2=$
$m_r=$	$m_r=$	$F_r=$	$\theta_r=$
$m_e=$	$m_e=$	$F_e=$	$\theta_e=$

Tabla 1. Datos método experimental.

En una hoja de papel milimetrado, grafique las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$  de la Tabla 1, escogiendo para ello una escala adecuada de tal forma que se puedan observar en forma clara y permita realizar la suma de estas fuerzas por cualquier método grafico (Método del paralelogramo, método del triángulo). Mida la magnitud y dirección de la fuerza resultante encontrada mediante este método y regístrelos en la Tabla 2 como  $F_r$  y  $\theta_r$ .

Masas m(gr)	Masas m(kg)	F=mg(N)	Ángulo (grados)
$m_1=$	$m_1=$	$F_1=$	$\theta_1=$
$m_2=$	$m_2=$	$F_2=$	$\theta_2=$
$m_r=$	$m_r=$	$F_r=$	$\theta_r=$
$m_e=$	$m_e=$	$F_e=$	$\theta_e=$

Tabla 2. Datos método gráfico.

Encuentre la magnitud y dirección de la fuerza equilibrante ( $F_e = F_r$ ), ( $\theta_e = \theta_r + 180^\circ$ ) y regístrelos en la Tabla 2 como  $F_e$  y  $\theta_e$ .

Tome los valores de las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$  y mediante el método analítico encuentre sus componentes. Luego súmelas y encuentre la magnitud y dirección de la fuerza resultante. Registre estos valores en la Tabla 3 como  $F_r$  y  $\theta_r$ .



7. Masas m(gr)	Masas m(kg)	F=mg(N)	Ángulo (grados)
$m_1=$	$m_1=$	$F_1=$	$\theta_1=$
$m_2=$	$m_2=$	$F_2=$	$\theta_2=$
$m_r=$	$m_r=$	$F_r=$	$\theta_r=$
$m_e=$	$m_e=$	$F_e=$	$\theta_e=$

Tabla 3. Datos método analítico.

Encuentre la magnitud y dirección de la fuerza equilibrante y regístrelos en la Tabla 3 como  $F_e$  y  $\theta_e$ .

Encuentre el error porcentual de la fuerza resultante experimental ( $F_r$  Tabla 1, valor experimental) y la fuerza resultante analítica ( $F_r$  Tabla 3, valor teórico) mediante la fórmula:

$$\left| \frac{V_{Teorico} - V_{Experimental}}{V_{Teorico}} \right| \times 100\%$$

Registre este valor en la Tabla 7.

Encuentre el error porcentual de la fuerza resultante por el método grafico ( $F_r$  Tabla 2, valor experimental) y la fuerza resultante analítica ( $F_r$  Tabla 3, valor teórico) mediante la fórmula 1.6 y registre este valor en la Tabla 7.

Tome los datos de masa  $m_1$ ,  $m_2$  y  $m_e$  de la Tabla 4 y conviértalos a kilogramos. Regístrelos en la Tabla 4.

A cada dato de masa anterior, multiplíquelos por la gravedad para encontrar las fuerzas  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_e$  respectivamente.

Recuerde que la masa resultante es igual a la masa equilibrante ( $m_r = m_e$ ), que la magnitud de la fuerza resultante es igual a la magnitud de la fuerza equilibrante ( $F_r = F_e$ ) y que la dirección de la fuerza resultante es  $180^\circ$  menos que la dirección de la fuerza equilibrante ( $\theta_r = \theta_e - 180^\circ$ ). Registre estos valores en la Tabla 4.

Masas m(gr)	Masas m(kg)	F=mg(N)	Ángulo (grados)
$m_1=$	$m_1=$	$F_1=$	$\theta_1= 0$
$m_2=$	$m_2=$	$F_2=$	$\theta_2= 90^\circ$
$m_r=$	$m_r=$	$F_r=$	$\theta_r=$
$m_e=$	$m_e=$	$F_e=$	$\theta_e=$

Tabla 4. Composición de un vector método experimental.



En una hoja de papel milimetrado, grafique las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$  de la Tabla 4, escogiendo para ello una escala adecuada de tal forma que se puedan observar en forma clara y permita realizar la suma de estas fuerzas por cualquier método grafico (Método del paralelogramo, método del triángulo). Mida la magnitud y dirección de la fuerza resultante encontrada mediante este método y regístrelos en la Tabla 5 como  $F_r$  y  $\theta_r$ .

Masas m(gr)	Masas m(kg)	F=mg( N)	Ángulo (grados)
$m_1=$	$m_1=$	$F_1=$	$\theta_1= 0$
$m_2=$	$m_2=$	$F_2=$	$\theta_2= 90^\circ$
$m_r=$	$m_r=$	$F_r=$	$\theta_r=$
$m_e=$	$m_e=$	$F_e=$	$\theta_e=$

Tabla 5. Composición de un vector método gráfico.

Encuentre la magnitud y dirección de la fuerza equilibrante ( $F_e = F_r$ ,  $\theta_e = \theta_r + 180^\circ$ ) y regístrelos en la Tabla 5 como  $F_e$  y  $\theta_e$ .

Tome el valor de las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$  y usando las formulas 1.2 y 1.3 encuentre la magnitud y dirección del vector fuerza resultante. Registre estos valores en la Tabla 6 como  $F_r$  y  $\theta_r$ .

Masas m(gr)	Masas m(kg)	F=mg( N)	Ángulo (grados)
$m_1=$	$m_1=$	$F_1=$	$\theta_1= 0$
$m_2=$	$m_2=$	$F_2=$	$\theta_2= 90^\circ$
$m_r=$	$m_r=$	$F_r=$	$\theta_r=$
$m_e=$	$m_e=$	$F_e=$	$\theta_e=$

Tabla 6. Composición de un vector método analítico.

	Método experimental Vs. Método analítico	Método gráfico Vs. Método analítico
%Err or		

Tabla 7. Porcentaje de error.

Encuentre el error porcentual de la fuerza resultante experimental ( $F_r$  Tabla 4, valor experimental) y la fuerza resultante analítica ( $F_r$  Tabla 6, valor teórico) mediante la



fórmula:

$$\left| \frac{V_{Teorico} - V_{Experimental}}{V_{Teorico}} \right| \times 100\%$$

Registre este valor en la Tabla 8.

Encuentre el error porcentual de la fuerza resultante por el método grafico (*Fr* Tabla 5, valor experimental) y la fuerza resultante analítica (*Fr* Tabla 6, valor teórico) mediante la fórmula 1.7 y registre este valor en la Tabla 8.

	<b>Método experimental Vs. Método analítico</b>	<b>Método gráfico Vs. Método analítico</b>
%Error		

Tabla 8. Porcentaje de error.

### PREGUNTAS DE CONTROL

1. ¿Cuál de los tres métodos en su concepto es el más exacto y por qué?
2. ¿Analice las fuentes de error presentes y como pudieron ser minimizadas?
3. ¿Son acordes los resultados de la fuerza equilibrante obtenidos experimentalmente con los resultados obtenidos analíticamente, base su respuesta en los cálculos de error realizados?

### CONCLUSIONES

### REFERENCIAS

Serway, R. & Jewet, J.: Física para ciencias e ingeniería Volumen 1. Séptima edición. Cengage Learning Editores S.A. de C.V., 2008.

Sears, F. & Zemansky, M.: Young, H. & Freedman, R.: Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2009.



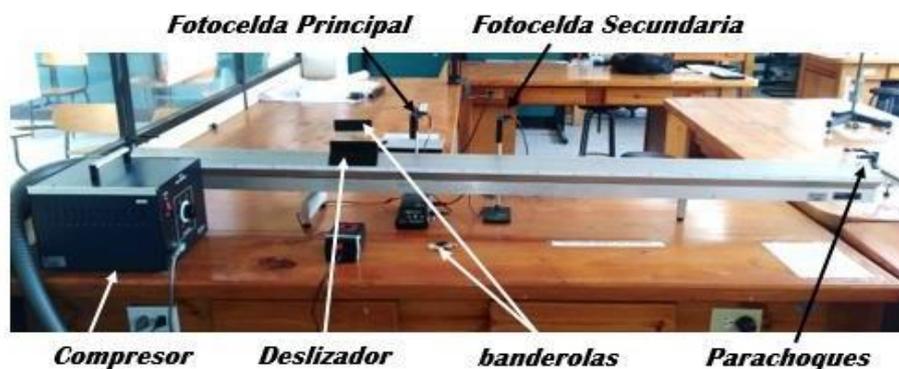
**PRACTICAS Nro 5  
VELOCIDAD MEDIA E INSTANTANEA**

**OBJETIVOS**

1. Entender los conceptos y relación entre la velocidad media y velocidad instantánea de modo experimental.
2. Entender, como a partir de una secuencia de velocidades promedio se puede deducir la velocidad instantánea.
3. Comprender el funcionamiento de las fotoceldas.

**MATERIALES**

<b>Equipo requerido</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observaciones</b>
Carril de aire	1	No colocar marcas sobre él.
Deslizador	1	No deslizarlos sobre el carril si éste no está encendido.
Banderolas de 10cm, 2.6cm y 1cm	1 c/u	
Fotocelda principal (ME-9215)	1	
Fotocelda auxiliar (ME-9204B)	1	
Compresor	1	
Parachoques	2	





## MARCO TEORICO

### VELOCIDAD MEDIA:

“La velocidad media de un objeto se define como la distancia recorrida, dividida por el tiempo transcurrido”

Por su propia naturaleza, la medición del desplazamiento de un objeto implica que formalmente obtengamos siempre valores medios, ya que los objetos requieren cierto tiempo en recorrer una determinada distancia. La velocidad media del movimiento es definida en la siguiente ecuación, como el cociente entre la distancia recorrida ( $\Delta x$ ) y el tiempo transcurrido ( $\Delta t$ ), así:

$$v_{med} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Sin embargo, si se mide la velocidad promedio de un objeto móvil sobre intervalos cada vez más pequeños de distancia, el valor de la velocidad media se aproxima al valor de la velocidad instantánea del objeto.

### VELOCIDAD INSTANTÁNEA:

“es el límite al cual tiende la velocidad media cuando el intervalo de tiempo se aproxima a cero”

La velocidad Instantánea se define según la ecuación como:

$$v_{inst.} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

## CUESTIONARIO

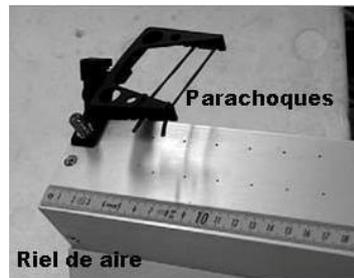
- 1.Explique detalladamente las ecuaciones de un movimiento rectilíneo uniforme (MRU).
- 2.Para el movimiento rectilíneo uniforme (MRU), haga un dibujo del comportamiento de la posición ( $x$ ) vs. tiempo transcurrido ( $t$ ) y velocidad ( $v$ ) vs. tiempo transcurrido ( $t$ ).

## PROCEDIMIENTO

Verifique que las bandas elásticas (ligas) estén puestas en los parachoques, ubicados en ambos extremos del riel como se observa en la figura.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	41 de 3

Conecte el compresor a la toma de luz y enciéndalo, en el nivel 4. Mantenga siempre la misma intensidad de aire. Coloque el carrito deslizador sobre el riel, en el extremo izquierdo.



Disposición del parachoques.

Ubique la primera fotocelda en la posición de 60cm en la cinta métrica del riel, y ubique la segunda fotocelda a una distancia de 1m (160cm) de la primera. (Deje fija la primera fotocelda).

Disponga la fotocelda principal en modo “PULSE” y en la escala de 1 ms. Ajuste la altura de las dos fotoceldas de tal forma que el haz de luz de la fotocelda sea bloqueado cuando el carrito deslizador baje por el carril, cuidando que con ninguna de las posibles banderolas choque con las fotoceldas (el Led ó bombillito rojo se enciende y apaga). Realice 3 pruebas soltando el carrito deslizador con la banderola de 10 cm para ver si funcionan correctamente las fotoceldas y para comprobar que no se presentan choques entre los elementos.

Impulse el carrito con la banda elástica del parachoques del lado izquierdo. Esto garantizará que siempre que se libere el carrito deslizador, este salga aproximadamente con la misma fuerza. Libere el carrito deslizador y tome registro del tiempo en la tabla 1, con todos los decimales.

Realice el paso anterior 3 veces y registre los datos de tiempo en la tabla 1.

Realice los pasos 5 y 6 disminuyendo la distancia “D” en 10cm, acercando la segunda fotocelda a la primera. Registre los datos en la tabla 1. Repita este procedimiento hasta que la separación entre fotoceldas sea de 20cm.



Tom a	Distancia "D" (m)	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	$\Delta t_{mejor} \pm \delta t$ (s)	v
1	1.00					
2	0.90					
3	0.80					
4	0.70					
5	0.60					
6	0.50					
7	0.40					
8	0.30					
9	0.20					

Tabla 1. Toma de datos modo "PULSE". El valor de  $\delta t$  corresponde a la incetidumbre de la mediciones del tiempo.

Posicione la fotocelda principal en la marca de 1m de la cinta métrica. Disponga la fotocelda principal en modo "GATE" y en precisión de 0.1ms. Mida 3 veces el tiempo cuando la banderola utilizada es de 10cm, 2.5 cm, 1cm y 1mm (en el caso de la banderola de 1cm, gírela para que pase de lado). Registre los datos en la tabla 2.

Toma	Distancia "D" (cm)	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	$\Delta t_{mejor} \pm \delta t$ (s)	V
1	10					
2	1					
3	0.1					

### ANALISIS DE LOS DATOS

Calcule el promedio con su respectiva incertidumbre para los 3 datos de tiempo registrados en la **tabla 1** y registre estos resultados en la **tabla 1** como  $\Delta t_{mejor} \pm \delta t$ , para cada caso Tome  $\Delta t_{mejor}$  como " $\Delta t$ " y D como " $\Delta x$ " para obtener el valor de la velocidad media, usando la ecuación; registre estos datos como *vmed* en la tabla 1.

Realice los pasos 1 y 2 del análisis de datos con los datos de la tabla 2, para

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	43 de 3

completar dicha tabla.

Realice una gráfica en papel milimetrado de “ $\Delta x$ ” Vs. “ $\Delta t$ ” para los datos de la tabla 1 y la tabla 2 por separado.

Determine las ecuaciones de la recta de cada una de las dos gráficas realizadas en el punto anterior mediante regresión lineal y explique su sentido físico.

### **PREGUNTAS DE CONTROL**

1. ¿Con cuál de las cuatro banderolas utilizadas en la tabla 2 cree usted que se obtiene una mayor aproximación a la velocidad instantánea del carro, justifique su respuesta?
2. ¿Qué factores (precisión de cronometrado, tiempo de medición, liberación del objeto, tipo de movimiento) influye en los resultados?
3. ¿Qué tipo de movimiento se ha considerado para analizar la velocidad promedio e instantánea?

### **CONCLUSIONES**

### **REFERENCIAS**

- M. Alonso, E.J. Finn: “Física”, Vol. 1, Fondo Educativo Interamericano.
- P.A. Tipler: “Física para la Ciencia y la Tecnología”. 5ª Edición. Vol. 1, Ed. Reverté.
- F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman: “Física Universitaria”, 12ª Edición. Vol.1, Addison-Wesley- Longman/Pearson Education.
- Serway R (1997). Física, Vol. I 4ª Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana: México.
- Resnick, R. Halliday, D y Krane K. (2000). Física Vol. I, 4ª Edición. Compañía Editorial continental. S.A: México.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	44 de 3

## PRACTICA Nro 6 MOVIMIENTO DE PROYECTILES

### OBJETIVOS

1. Estudiar el movimiento de proyectiles.
2. Calcular, a partir de datos experimentales, la rapidez inicial, el tiempo de vuelo y el alcance horizontal de un proyectil.
3. Identificar los valores para cada variable que interviene en el movimiento de proyectiles.
4. Predecir y verificar mediante la cinemática el alcance de un proyectil.

### MATERIALES

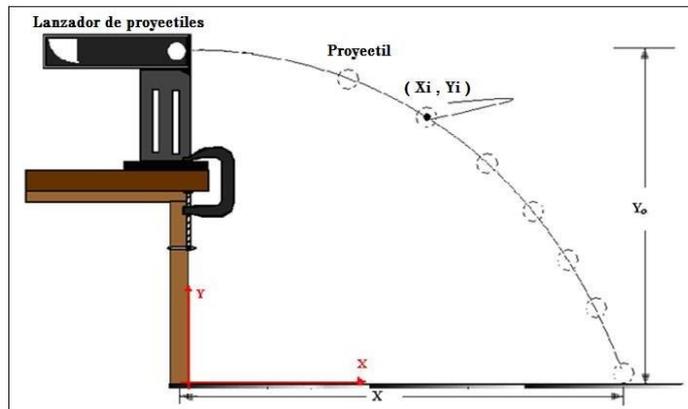
Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Mesa de madera.	1	
Lanzador de proyectiles.	1	
Cargador de proyectiles.	1	
Esfera de plástico.	1	
Cinta métrica.		
Papel carbón, Hojas Papel, cinta pegante.	1	Suministrados por el estudiante

### MARCO TEORICO

#### MOVIMIENTO DE UN PROYECTIL

El movimiento de un proyectil es un ejemplo clásico del movimiento en dos dimensiones con aceleración constante. Un proyectil es cualquier cuerpo que se lanza o proyecta por medio de alguna fuerza y continúa en movimiento por inercia propia. Un proyectil es un objeto sobre el cual la única fuerza que actúa es la aceleración de la gravedad. La gravedad actúa para influenciar el movimiento vertical del proyectil. El movimiento horizontal del proyectil es el resultado de la tendencia de cualquier objeto a permanecer en movimiento a velocidad constante.

Los proyectiles que están cerca de la Tierra siguen una trayectoria curva muy simple que se conoce como parábola, un ejemplo se puede apreciar en la figura. Para describir el movimiento es útil separarlo en sus componentes horizontal y vertical y de esta manera poder predecir el alcance el proyectil estudiado.



Lanzamiento de proyectiles. Montaje Experimental.

Para predecir donde caerá el proyectil sobre el piso, cuando este es disparado desde cierta altura  $Y_0$  a un determinado ángulo sobre la horizontal, es necesario determinar su rapidez inicial. Ésta se puede determinar lanzando el proyectil horizontalmente y midiendo el desplazamiento horizontal y la altura inicial de este antes del disparo (dentro del Mini lanzador) con respecto al piso. Luego se puede utilizar esta velocidad inicial para calcular la posición del punto de aterrizaje cuando se lanza el proyectil con un cierto ángulo.

### VELOCIDAD HORIZONTAL INICIAL

Para un proyectil disparado horizontalmente con una rapidez inicial  $V_0$  la distancia horizontal recorrida por este o su desplazamiento horizontal está determinado por:

$$x = v_0 t$$

Donde  $t$  es el tiempo que el proyectil permanece en el aire (La fricción con el aire se asume despreciable). Por otra parte, la distancia vertical que recorre el proyectil está dada por:

$$y - y_0 = -\frac{gt^2}{2}$$

Despejando  $t$  de la anterior expresión, encontramos el tiempo en que se encuentra el proyectil cuando este está a una cierta altura  $Y$



$$t = \sqrt{\frac{-2(y - y_0)}{g}}$$

Para poder encontrar la velocidad inicial  $V_0$  es necesario calcular el tiempo de vuelo  $t_v$ , que es el tiempo donde la altura es 0 (se llega al suelo), o el tiempo en el que el proyectil permanece en el aire. El tiempo de vuelo  $t_v$ , se obtiene reemplazando  $Y = 0$  en la ecuación, obteniéndose la expresión:

$$t = \sqrt{\frac{-2(-y_0)}{g}}$$

Con base a lo anterior la velocidad inicial  $V_0$  del proyectil puede ser determinada mediante la expresión (3.5), en donde para calcular esta velocidad solo se debe medir las distancias  $x$  e  $Y_0$  (estas distancias se muestran en la figura anterior).

$$v_0 = \frac{x}{t}$$

### PREDICCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL $x$

Si se presenta el caso en que el proyectil es lanzado con un ángulo  $\theta$  por encima de la horizontal, como se muestra en la figura 2, la manera de predecir el alcance  $x$  del proyectil lanzado con una velocidad inicial  $V_0$ , consiste inicialmente en predecir el tiempo de vuelo empleando la siguiente expresión:

$$y = y_0 + (V_0 \text{sen}\theta)t - \frac{gt^2}{2}$$

Donde  $Y_0$  es la altura vertical inicial del proyectil y  $Y$  es su coordenada vertical final cuando golpea el suelo. Para encontrar el tiempo de vuelo se debe reemplazar  $Y = 0$  (altura del suelo) en la ecuación, dando como resultado una ecuación cuadrática que se muestra en la ecuación

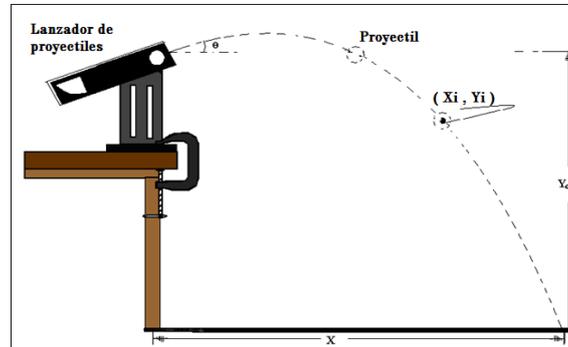
$$0 = y_0 + (V_0 \text{sen}\theta)t - \frac{gt^2}{2}$$

El tiempo de vuelo se obtiene al resolver esta ecuación cuadrática anterior. Finalmente, para calcular el alcance del proyectil se aplica la ecuación:

$$x = V_0 \text{cos}\theta t_v$$



Debe tenerse en cuenta que, si el proyectil es lanzado con ángulo por debajo de la horizontal,  $\theta$  es negativo.



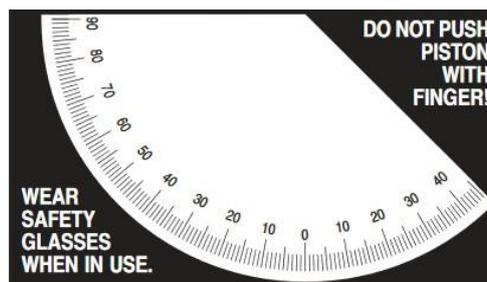
Lanzamiento de proyectiles por encima de la horizontal.

El lanzamiento del proyectil en este laboratorio se efectúa con un Mini lanzador de proyectiles PASCO. Este lanzador dispara esferas por medio de un resorte. El lanzador se carga colocando una esfera de acero en el cañón y comprimiendo manualmente el resorte; a medida que se comprime, el resorte pasa por las tres posiciones que determinan los rangos de disparo (corto-medio-largo) según la posición en que quede trabado el resorte. Al pasar por cada posición se siente un “clic” del gatillo de traba.



Rangos de disparo del mini lanzador de proyectiles PASCO.

El lanzador se monta sobre el soporte que permite modificar el ángulo y la posición con respecto a la superficie de apoyo. El ángulo del disparo se determina mediante la plomada y el cuadrante que forman parte del propio lanzador.



	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	48 de 3

## CUESTIONARIO

Explique brevemente ¿En qué consiste el movimiento parabólico?

En el movimiento parabólico ¿qué tipo de movimiento se manifiesta en el eje  $x$ ? y ¿qué tipo de movimiento se manifiesta en el eje  $y$ ?

¿Qué supuestos se asumen como verdaderos en el movimiento de proyectiles, desde el punto de vista de la cinemática?

### PARTE I. LANZAMIENTO HORIZONTAL

Disponga el lanzador de proyectiles de forma horizontal formando un ángulo de 0 grados con la horizontal (el hilo que cuelga del lanzador debe coincidir con  $0^\circ$ ).

Mida la distancia vertical presente entre el suelo y el punto de salida del proyectil (centro del proyectil). Registre este valor en la tabla 1 como  $Y_0$ .

Ponga la esfera de plástico dentro del lanza proyectiles y cárguelo a su posición de alcance medio (Tenga en cuenta que esta posición debe mantenerse durante toda la práctica para garantizar que la rapidez inicial del proyectil sea siempre la misma). Cuando el lanzador de proyectiles este cargado con la esfera de plástico, realice un disparo (este será un disparo de prueba y servirá para tener una idea del sitio en donde se deberá ubicar el papel Bond).

Frote la esfera de plástico con el lado con tinta del papel carbón y asegúrese que la esfera quede impregnada con la tinta, de tal forma que al impactar sobre el papel Bond la esfera deje una marca que indicara el lugar del impacto.

Realice ocho lanzamientos de proyectil y posteriormente mida las ocho distancias marcadas desde el punto inicial (justo debajo del punto de salida del proyectil en el suelo) hasta cada uno de los puntos marcados por la esfera de plástico impregnada con la tinta del papel carbón sobre el papel Bond.

Registre en la tabla 1 las distancias medidas en el punto anterior como

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ .

Realice una sumatoria de  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ , luego divida ese resultado entre 8 y registre ese valor en la **tabla 1** como  $X_{prom}$ , además calcule la incertidumbre de los ocho lanzamientos.

H	Distancia Horizontal $X(m)$								$X_{prom}$	T (s)	Velocidad inicial $V$
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$			

Lanzamiento horizontal.



**PARTE II. LANZAMIENTO EN UN ÁNGULO  $\theta$**

Incline el lanzador de proyectiles un ángulo  $\theta$  (elija este valor entre  $0^\circ$  y  $15^\circ$ ). Registre el valor seleccionado para el ángulo en la Tabla 2.

Mida la distancia vertical presente entre el suelo y el punto de salida del proyectil (centro del proyectil). Registre este valor en la tabla 2 como  $Y_0$ .

Cargue el lanzador de proyectiles con la esfera de plástico y realice un disparo (este será un disparo de prueba y servirá para tener una idea del sitio en donde se deberá ubicar el papel Bond y el papel carbón).

Frote la esfera de plástico con el lado con tinta del papel carbón y asegúrese que la esfera quede impregnada con la tinta, de tal forma que al impactar sobre el papel Bond la esfera deje una marca que indicara el lugar del impacto.

Realice ocho lanzamientos de proyectil y posteriormente mida las ocho distancias marcadas desde el punto inicial (justo debajo del punto de salida del proyectil en el suelo) hasta cada uno de los puntos marcados por la esfera de plástico impregnada con la tinta del papel carbón sobre el papel Bond.

Registre en la Tabla 2 las distancias medidas en el punto anterior como  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ .

Realice una sumatoria de  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ , luego divida ese resultado entre 8 y registre ese valor en la Tabla 2 como  $X_{Prom}$ , además calcule la Incertidumbre de los ocho lanzamientos.

$Y_0$	$\theta$	Distancia Horizontal $X(m)$								$X_{pro}$	T(s)	$X_T$	Error Porcentual (%)
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8				

Lanzamiento por encima de la horizontal.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	50 de 3

### ANALISIS DE LOS DATOS

Determinar el tiempo de vuelo y la velocidad inicial del proyectil respectivamente, para el caso en que el proyectil es lanzado horizontalmente y registre los datos en la tabla 1 (utilice la altura  $Y_0$  y la distancia horizontal promedio  $X_{prom}$  de la tabla 1 para completar las ecuaciones).

Determine el tiempo de vuelo del proyectil haciendo uso de la ecuación y registre este valor en la tabla 2 (recuerde que  $Y_0$  equivale a la distancia vertical presente entre el suelo y el punto de salida del proyectil).

Con el tiempo calculado en el punto anterior determine el valor teórico  $X_{teórico}$  para la distancia horizontal mediante la ecuación y registre este dato en la tabla.

Calcule y registre en la tabla el error porcentual entre la distancia horizontal promedio  $X_{prom}$  y el valor teórico de la distancia horizontal  $X_{teórico}$ , mediante la ecuación. (el valor promedio equivaldría al experimental)

$$\left| \frac{V_{Teorico} - V_{Experimental}}{V_{Teorico}} \right| \times 100\%$$

### PREGUNTAS DE CONTROL

1. ¿Existe otra manera o equipo para medir la velocidad del proyectil de modo tal que usted pueda verificar los resultados de la práctica? (sustente su respuesta)
2. ¿Qué fuentes de error están presentes en la práctica?
3. Calcule el rango establecido por la incertidumbre del valor promedio para la tabla 1
4. Calcule el rango establecido por la incertidumbre del valor promedio para la tabla 2, mediante la fórmula.
5. De los 8 lanzamientos de proyectil realizados para la configuración de lanzamiento horizontal (tabla 1), ¿Cuántos caen dentro del rango establecido por la incertidumbre del valor promedio calculado en el punto 4? (Escriba explícitamente el valor de estos lanzamientos)
6. De los 8 lanzamientos de proyectil realizados para la configuración de lanzamiento por encima de la horizontal (tabla 2), ¿Cuántos caen dentro del rango establecido por la incertidumbre del valor promedio calculado en el punto 5? (Escriba explícitamente el valor de estos lanzamientos)

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	51 de 3

## **CONCLUSIONES**

## **REFERENCIAS**

Serway, R. & Jewet, J.: Física para ciencias e ingeniería Volumen 1. Séptima edición. Cengage Learning Editores S.A. de C.V., 2008.

Sears, F. & Zemansky, M.: Young, H. & Freedman, R.: Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2009.

Ohanian, H. & Markert, J.: Física para ingeniería y ciencias Volumen 1. Tercera edición. W. W. Norton & Company, Inc. New York-London, 2007.



**PRACTICA Nro 6**  
**Ley de Hooke**

**OBJETIVOS**

1. Estudiar la relación que existe entre la elongación de un resorte y la fuerza que lo produce.
2. Calcular la constante elástica “K” de un resorte.
3. Estudiar la relación entre la elongación de una configuración de dos resortes en serie o paralelo y la fuerza aplicada.

**MATERIALES**

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Soporte para Ley de Hooke.	1	
Resortes de distintas durezas.	Varios	
Juego de masas entre 5gr y 500gr	1	
Regla, papel milimetrado, calculadora.	1	Suministrado por el estudiante



	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	53 de 3

## MARCO TEORICO

### LEY DE HOOKE

“Cuando se trata de deformar un sólido, este se opone a la deformación, siempre que ésta no sea demasiado grande”

$$F = \pm k\Delta x$$

La ley de elasticidad de Hooke o ley de Hooke, establece la relación entre el alargamiento o estiramiento longitudinal y la fuerza aplicada. La elasticidad es la propiedad física en la que los objetos son capaces de cambiar de forma cuando actúa una fuerza de deformación sobre el objeto. El objeto tiene la capacidad de regresar a su forma original cuando cesa la deformación (o fuerza aplicada). Depende del tipo de material, los materiales pueden ser elásticos o inelásticos. Los materiales inelásticos no regresan a su forma natural.

### CONSTANTE DE ELASTICIDAD

La constante de elasticidad, usualmente se denota por la letra “*K*” y es intrínseca del material, es decir, toma su valor dependiendo de la composición que tenga el objeto en cuestión. Casi todas las veces, no puede ser calculada directamente, pero existen casos, por ejemplo, para un resorte, en donde conociendo el alargamiento y el valor de la fuerza aplicada se logra determinar.

Para un resorte se determina la constante de elasticidad “*k*” como la fuerza “*F*” necesaria para estirarlo en una unidad de longitud “ $\Delta x$ ” tal como se muestra en la figura. Es decir:

$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

En donde “*k*” está en unidades [*N/m*] en el sistema M.K.S.

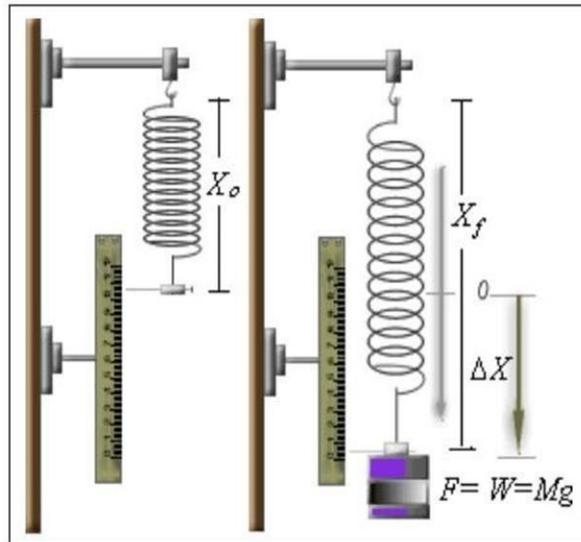


Figura 1. Alargamiento de un resorte simple

Si tenemos dos resortes los podemos combinar para formar un sistema de resortes en paralelo como se muestra en la figura 2a o un sistema de resortes en serie como el de la figura 2b.

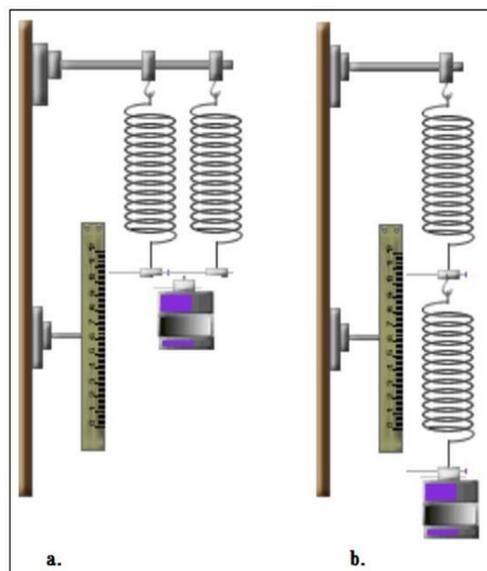


Figura 2. a. Sistema en paralelo, b. Sistema en serie.

Si calibramos estos sistemas, es decir, si medimos la constante de elasticidad efectiva o resultante “ $kr$ ” de cada sistema, podremos verificar que para resortes en serie se cumple que:



$$k_r = \left( \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)^{-1}$$

Para resortes en paralelo se cumple que:

$$k_r = k_1 + k_2$$

Donde “ $k_1$ ” y “ $k_2$ ” son las constantes elasticidad de cada uno de los resortes del sistema y  $k_r$  es la constante resultante del montaje en serie o paralelo.

### CUESTIONARIO

1. Explique las características de los cuerpos elásticos e inelásticos.
2. Consultar y elaborar la gráfica de  $F$  vs  $\Delta x$  para la ley de Hooke y explicar el comportamiento.
3. Una persona de  $75 \text{ kg}$  está parada sobre un resorte de compresión que tiene una constante de resorte de  $5000 \text{ N/m}$  y una longitud inicial de  $0.25 \text{ m}$ . ¿Cuál es la longitud total del resorte con la persona encima?

Estás diseñando una montura para mover sin problemas una cámara de  $1 \text{ kg}$  por una distancia vertical de  $50 \text{ mm}$ . El diseño requiere que la cámara se deslice en un par de carriles, y consiste de un resorte que sostiene la cámara y la jala contra la punta de un tornillo de ajuste, como se muestra en la figura

La longitud inicial del resorte es  $L_0 = 50 \text{ mm}$ . Para este diseño, ¿cuál es el valor mínimo requerido para la constante del resorte?

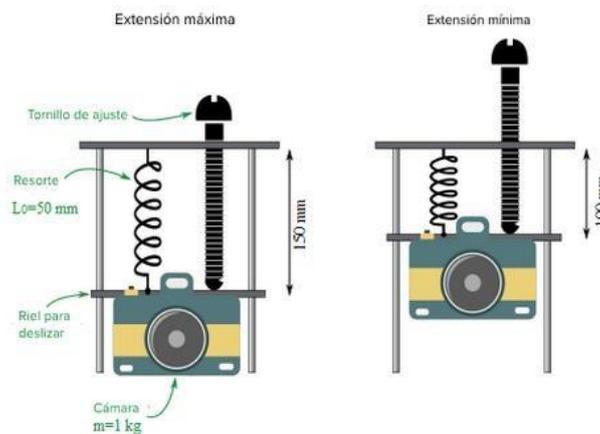


Figura 3. Mecanismo de ajuste de altura de la cámara



**PROCEDIMIENTO**

**PARTE I. CALCULO DE LA CONSTANTE DE ELASTICIDAD “K”**

Realice el montaje de la figura 1. Cuelgue un resorte del brazo horizontal del soporte para ley de Hooke.

Mida la longitud inicial con ayuda de la escala métrica o cualquier elemento de medida que tenga a su disposición y registre este valor como “X<sub>0</sub>” en la tabla 1.

Cuelgue del extremo inferior del resorte una masa (el valor de esta masa debe ser registrada en la tabla 1 como “m<sub>1</sub>”) y mida la longitud final del resorte y registre este valor como “X<sub>f1</sub>” en la tabla 1.

Varíe la masa que se cuelga del resorte cuatro veces más y registre estos valores como “m<sub>2</sub>, m<sub>3</sub>, m<sub>4</sub>, m<sub>5</sub>” respectivamente en la tabla 1. (Nota: colocar masas donde se aprecie el alargamiento del resorte, o aumentar la masa colgante sin necesidad de retirar la anterior de tal manera que el resorte experimente una fuerza cada vez más grande).

Masa colgante <i>m</i> (Kg)	<i>m</i> <sub>1</sub>	<i>m</i> <sub>2</sub>	<i>m</i> <sub>3</sub>	<i>m</i> <sub>4</sub>	<i>m</i> <sub>5</sub>
Fuerza Aplicada <i>F</i> = <i>m</i> <i>g</i> (Newton)	<i>F</i> <sub>1</sub>	<i>F</i> <sub>2</sub>	<i>F</i> <sub>3</sub>	<i>F</i> <sub>4</sub>	<i>F</i> <sub>5</sub>
Longitud inicial del resorte <i>X</i> <sub>0</sub> (m)					
Longitud final del resorte <i>X</i> <sub><i>f</i></sub> (m)	<i>X</i> <sub><i>f</i>1</sub>	<i>X</i> <sub><i>f</i>2</sub>	<i>X</i> <sub><i>f</i>3</sub>	<i>X</i> <sub><i>f</i>4</sub>	<i>X</i> <sub><i>f</i>5</sub>
Alargamiento del resorte $\Delta x = X_f - X_0(m)$	$\Delta X_1$	$\Delta X_2$	$\Delta X_3$	$\Delta X_4$	$\Delta X_5$
Constante de elasticidad $k = \frac{F}{\Delta x} (N/m)$	<i>K</i> <sub>1</sub>	<i>K</i> <sub>2</sub>	<i>K</i> <sub>3</sub>	<i>K</i> <sub>4</sub>	<i>K</i> <sub>5</sub>
$k_{prom} \pm \partial k =$					
Calcule la constante de elasticidad por regresión lineal	<i>k</i> =				



Tabla 1. Datos para el resorte 1.

Para cada valor de masa tomada en el punto anterior, mida las longitudes finales del resorte y regístrelas en la tabla 1 como “ $X_{f2}, X_{f3}, X_{f4}, X_{f5}$ ” respectivamente.

Encuentre la fuerza aplicada al resorte como “ $F = mg$ ” para cada masa colgante “ $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5$ ” y registre estos valores en la tabla 1 como “ $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$ ”.

Determine el alargamiento del resorte aplicando “ $\Delta x = X_f - X_0$ ” y registre estos datos en la tabla 1 como “ $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \Delta x_4, \Delta x_5$ ”.

Determine experimentalmente el valor para la constante de elasticidad “ $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5$ ” del resorte utilizando el valor de la fuerza “ $F$ ” y el alargamiento “ $\Delta X$ ”, complete la tabla 1, y utilice los valores anteriores (k) para calcular  $k_{prom} \pm \partial k$ .

Determine gráficamente el valor para la constante de elasticidad del resorte analizando “ $F$ ” en función del alargamiento “ $\Delta x$ ”, haga regresión lineal y tome la pendiente como valor de  $k$ . Complete la tabla 1. Seleccione otro resorte y realice los pasos del 1 al 9 y registre los datos de este segundo resorte en la tabla 2.

Masa colgante $m$ (Kg)	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$
Fuerza Aplicada $F = mg$ (Newton)	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$
Longitud inicial del resorte $X_0(m)$					
Longitud final del resorte $X_f(m)$	$X_{f1}$	$X_{f2}$	$X_{f3}$	$X_{f4}$	$X_{f5}$
Alargamiento del resorte $\Delta x = X_f - X_0(m)$	$\Delta X_1$	$\Delta X_2$	$\Delta X_3$	$\Delta X_4$	$\Delta X_5$
Constante de elasticidad $k = \frac{F}{\Delta x}$ (N/m)	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$k_{prom} \pm \partial k =$					
Calcule la constante de elasticidad por regresión lineal				$k =$	

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	58 de 3

Tabla 2. Datos para el resorte 2.

## **PARTE II. SISTEMA DE RESORTES EN SERIE Y PARALELO**

Realice el montaje de la configuración en serie que se muestra en la figura 2b.

Realice para la configuración en serie los pasos 2 al 7 y complete la tabla 3.

Determine experimentalmente el valor para la constante de elasticidad del sistema de resortes en serie para ello utilice el valor de la fuerza “ $F$ ” y el alargamiento “ $\Delta XT$ ”, de la tabla 3 y complete esta, además calcule su respectiva incertidumbre como  $k_{prom} \pm \partial k$ .

Determine gráficamente el valor para la constante de elasticidad del resorte analizando “ $F$ ” en función del alargamiento “ $\Delta XT$ ”, haga regresión lineal y tome la pendiente como valor de  $k$ . Complete la tabla 3.



Masa colgante $m$ (Kg)	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$
Fuerza Aplicada $F = mg$ (Newton)	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$
Alargamiento del resorte 1 $\Delta x = X_f - X_0$	$\Delta X_1$	$\Delta X_2$	$\Delta X_3$	$\Delta X_4$	$\Delta X_5$
Alargamiento del resorte 2 $\Delta x = X_f - X_0$	$\Delta X_1$	$\Delta X_2$	$\Delta X_3$	$\Delta X_4$	$\Delta X_5$
Deformación total: $\Delta X_T = \Delta X_{res 1} + \Delta X_{res 2}$	$\Delta X_{T1}$	$\Delta X_T$ 2	$\Delta X_T$ 3	$\Delta X_T$ 4	$\Delta X_{T5}$
Constante de elasticidad	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$k_{prom} \pm \partial k =$					
Calcule la constante de elasticidad por regresión lineal			$k =$		

Tabla 3. Datos para el sistema en serie.

Realice en montaje de la configuración en paralelo que se muestra en la figura 2a. Realice para la configuración en paralelo, los pasos 2 al 7 y complete la tabla 4. Calcule el valor de “ $\Delta X_T$ ” para la configuración en paralelo para cada una de las fuerzas aplicadas. Determine experimentalmente el valor para la constante de elasticidad del sistema de resortes en paralelo para ello utilice el valor de la fuerza “ $F$ ” y el alargamiento “ $\Delta X_T$ ”, de la tabla 4 y complete esta, además calcule su respectiva incertidumbre como  $k_{prom} \pm \partial k$ .

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	60 de 3

Determine gráficamente el valor para la constante de elasticidad del resorte analizando “ $F$ ” en función del alargamiento “ $\Delta XT$ ”, haga regresión lineal y tome la pendiente como valor de  $k$ . Complete la tabla 4.

Masa colgante $m$ (Kg)	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$
Fuerza Aplicada $F$ $= mg$ (Newton)	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$
Alargamiento del resorte 1 $\Delta x = X_f - X_0$	$\Delta X_1$	$\Delta X_2$	$\Delta X_3$	$\Delta X_4$	$\Delta X_5$
Alargamiento del resorte 2 $\Delta x = X_f - X_0$	$\Delta X_1$	$\Delta X_2$	$\Delta X_3$	$\Delta X_4$	$\Delta X_5$
Deformación total:	$\Delta X_{T1}$	$\Delta X_{T2}$	$\Delta X_{T3}$	$\Delta X_{T4}$	$\Delta X_{T5}$
Constante de elasticidad	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$k_{prom} \pm \partial k =$					
<b>Calcule la constante de elasticidad por regresión lineal</b>			$k =$		

Tabla 4. Datos para el sistema en paralelo.

### PREGUNTAS DE CONTROL

1. ¿Qué representa la pendiente de cada una de las gráficas de la fuerza en función del alargamiento de cada resorte?
2. ¿Cuál de las dos configuraciones serie o paralelo soporta una fuerza mayor?
3. ¿En cuál de las dos configuraciones serie o paralelo se presenta mayor alargamiento? Sustente su respuesta.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	61 de 3

4. ¿Cómo es el comportamiento gráfico de la Ley de Hooke en el laboratorio?

### **CONCLUSIONES**

### **REFERENCIAS**

Serway, R. & Jewet, J.: Física para ciencias e ingeniería Volumen 1. Séptima edición. Cengage Learning Editores S.A. de C.V., 2008.

Sears, F. & Zemansky, M.: Young, H. & Freedman, R.: Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2009.

Ohanian, H. & Markert, J.: Física para ingeniería y ciencias Volumen 1. Tercera edición. W. W. Norton & Company, Inc. New York-London, 2007.



**PRACTICA Nro 7  
BALANZA DE FUERZAS PARALELAS**

**OBJETIVOS**

1. Comprender las condiciones de equilibrio de traslación y de rotación utilizando la balanza de fuerzas paralelas.
2. Afianzar el concepto de torque alrededor de un eje fijo.
3. Establecer si bajo la acción simultánea de varias fuerzas en diferentes posiciones con respecto al eje de rotación de la balanza, esta se encuentra o no en equilibrio.

**MATERIALES**

<b>Equipo requerido</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observaciones</b>
Balanza de torque ME-8949	1	
Soporte	3	
Juego de masas	1	Con gancho para colgar.



	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	63 de 3

## MARCO TEORICO

### FUERZAS PARALELAS

Las fuerzas paralelas son aquellas que actúan sobre un cuerpo rígido con sus líneas de acción en forma paralela. Existen 2 tipos de fuerzas paralelas:

Fuerzas paralelas de igual sentido.

Fuerzas paralelas de distinto sentido.

La resultante de dos fuerzas paralelas de igual sentido es otra fuerza de dirección y sentido iguales a los de las fuerzas dadas y de intensidad igual a la suma de las intensidades de aquéllas. Por otra parte, la resultante de dos fuerzas de sentido distinto es otra fuerza paralela a las dadas cuya intensidad es igual a la diferencia de las intensidades de las fuerzas dadas, y su sentido es igual al de la fuerza mayor.

Una balanza de fuerzas paralelas manifiesta el efecto de fuerzas paralelas generadas por masas ubicadas a distintas distancias respecto a un eje de rotación; que según la relación masa-distancia a cada lado de la balanza, pueden lograr un equilibrio. En la Figura 1 se puede observar una balanza de fuerzas paralelas.



Figura 1. Balanza de fuerzas paralelas

## ESTÁTICA

La estática estudia los cuerpos que están en equilibrio, que es el estado de un cuerpo no sometido a aceleración; un cuerpo, que está en reposo, o estático, se halla por lo tanto en equilibrio.

Un cuerpo en equilibrio estático, si no se le perturba, no sufre aceleración de traslación o de rotación, porque la suma de todas las fuerzas y la suma de todos los momentos que actúan sobre él son cero. Sin embargo, si el cuerpo se desplaza ligeramente, son posibles tres resultados:

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	64 de 3

El objeto regresa a su posición original, en cuyo caso se dice que está en equilibrio estable. Por ejemplo, pelota colgada libremente de un hilo está en equilibrio estable porque si se desplaza hacia un lado, rápidamente regresará a su posición inicial.

El objeto se aparta más de su posición, en cuyo caso se dice que está en equilibrio inestable. Por ejemplo, un lápiz parado sobre su punta está en equilibrio inestable; si su centro de gravedad está directamente arriba de su punta la fuerza y el momento netos sobre él serán cero, pero si se desplaza, aunque sea un poco, digamos por alguna corriente de aire o una vibración, habrá un momento sobre él y continuará cayendo en dirección del desplazamiento original.

El objeto permanece en su nueva posición, en cuyo caso se dice que está en equilibrio neutro o indiferente. Por ejemplo, una esfera que descansa sobre una mesa horizontal; si se desplaza ligeramente hacia un lado permanecerá en su nueva posición.

### **CONDICIÓN DE EQUILIBRIO TRASLACIONAL**

La fuerza externa neta sobre el objeto debe ser igual a cero.

Establece que la aceleración traslacional del centro de masa del objeto debe ser cero cuando se ve desde un marco de referencia inercial.

### **CONDICIÓN DE EQUILIBRIO ROTACIONAL**

La sumatoria algebraica de los momentos provocados por fuerzas que actúan a determinada distancia de cualquier eje o punto centro de giro de referencia debe ser cero.

Cuando esta condición se satisface no hay torque resultante o momento actuando sobre el cuerpo, lo que implica que el cuerpo no tenderá a girar o rotar.

### **TORQUE O MOMENTO DE FUERZA**

Se define el torque  $\vec{\tau}$  de una fuerza  $\vec{F}$  que actúa sobre algún punto del cuerpo rígido, en una posición  $\vec{r}$  respecto de cualquier punto de rotación  $O$ , por el que puede pasar un eje sobre el cual se produce la rotación del cuerpo rígido, al producto vectorial entre la posición  $\vec{r}$  y la fuerza aplicada  $\vec{F}$ .

$$\tau = \vec{r} \times \vec{f}$$

El torque es una magnitud vectorial, si  $\theta$  es el ángulo entre  $\vec{r}$  y  $\vec{F}$ , su valor numérico por definición del producto vectorial, es:

$$\tau = r f \sin\theta$$



Su dirección siempre es perpendicular al plano de los vectores  $r$  y  $F$ . Generalmente se considera un torque positivo cuando tiende a producir rotación en sentido contrario de las manecillas del reloj y negativo en sentido de las manecillas del reloj.

Las unidades del torque son:

Sistema MKS:  $Nm$  (*Newton · metro*)

Sistema CGS:  $dcg$  (*dinas · centímetro*)

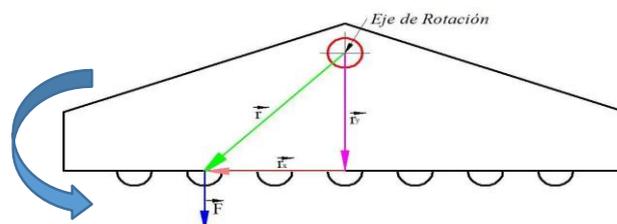
### CUESTIONARIO

1. Defina fuerzas paralelas.
2. Defina torque y de 3 ejemplos.
3. Consultar la regla de la mano derecha y de 3 ejemplos.
4. Explique la condición de equilibrio rotacional y la traslacional.
5. Dadas las tres fuerzas siguiente  $F_1 = 500 \hat{i} [N]$ ;  $F_2 = (-200 \hat{j} + 100 \hat{k}) [N]$ ;  $F_3 = (-100 \hat{i} + 50 \hat{j} - 350 \hat{k}) [N]$
6. Determinar el torque resultante de las fuerzas arriba indicadas, con respecto al origen  $O$ , si se aplican al punto  $(4, 3, -10)$ .
7. Encontrar el torque resultante con respecto al punto  $O$  de las fuerzas dadas cuando se aplican en diferentes puntos:  $F_1$  en  $(3, 8, 10)$ ;  $F_2$  en  $(-2, 0, 4)$ ;  $F_3$  en  $(5, -12, -3)$ ;

### PROCEDIMIENTO

Análisis vectorial

A continuación, se muestra un esquema del montaje experimental para el análisis del equilibrio rotacional



	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	66 de 3

Donde  $F\vec{}$  es la fuerza aplicada (peso),  $r\vec{}$  es el vector posición que une el eje de rotación con el punto de aplicación de la fuerza,  $r\vec{x}$  y  $r\vec{y}$  son las componentes del vector posición. En este caso, el giro es en sentido antihorario lo cual indica que el signo del torque  $\tau\vec{}$ , es positivo y saliendo de la página.

### Parte 1

Realice el montaje de la Figura 1. Asegúrese que la balanza gire libremente sobre su eje de rotación. La balanza debe quedar alineada horizontalmente.

Coloque una masa entre 200 y 400 gramos en la tercera posición del lado izquierdo de la balanza. Registre este valor como  $M_i$  en kilogramos en la Tabla 1.

Masa lado izquierdo(kg)	Masas lado derecho(kg)		
	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Fuerza lado izquierdo (N)	Fuerzas lado derecho (N)		
	$F_1$	$F_2$	$F_3$
Torque lado izquierdo (Nm)	Torques lado derecho (Nm)		
	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$
$\tau_1 =$			
	Sumatoria de torques		
	$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 =$		

Coloque masas en el lado derecho de la balanza en diferentes posiciones hasta que se equilibre horizontalmente. Registre el valor de las masas con las cuales se logró el equilibrio en la Tabla 1.

Calcule la magnitud de cada una de las fuerzas que actúan sobre la balanza. Recuerde que el peso  $W\vec{}$  es una fuerza y se calcula como  $W\vec{=}mg\vec{}$ . Registre estos valores en la Tabla 1.

Tome  $d$  como la distancia entre las diferentes posiciones como se observa en la Figura 2.

Calcule los torques en función de la distancia  $d$ , efectuados por cada una de estas fuerzas y registre los valores en la Tabla 1.

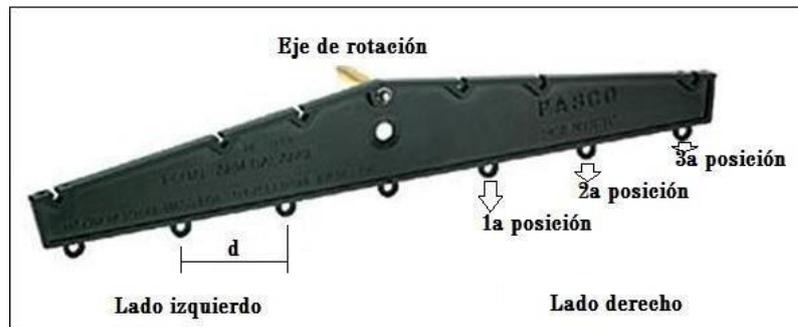


Figura 2. Diagrama de posiciones sobre la balanza.

Sume los torques que actúan sobre la balanza, teniendo en cuenta el signo de cada uno de ellos y compruebe la condición de equilibrio rotacional.

Parte 2

Coloque dos masas entre 100 y 200 gramos en la segunda y tercera posición del lado izquierdo de la balanza. Registre estos valores en kilogramos como  $M_{i1}$  y  $M_{i2}$  en la Tabla 2.

Masas lado izquierdo(kg)		Masas lado derecho(kg)		
$M_{i1}$	$M_{i2}$	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Fuerzas lado izquierdo		Fuerzas lado derecho (N)		
$F_{i1}$	$F_{i2}$	$F_1$	$F_2$	$F_3$
Torques lado izquierdo		Torques lado derecho (Nm)		
$\tau_{i1}$	$\tau_{i2}$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$
Sumatoria de torques		Sumatoria de torques		
$\tau_{i1} + \tau_{i2} =$		$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 =$		

Coloque masas del lado derecho de la balanza en diferentes posiciones hasta que se equilibre horizontalmente. Registre el valor de las masas con las cuales se logró el equilibrio en la Tabla 2.

Calcule la magnitud de cada una de las fuerzas que actúan sobre la balanza. Recuerde que el peso  $W$  es una fuerza y se calcula como  $W = mg$ . Registre estos valores en la Tabla 2.

Calcule los torques en función de la distancia  $d$ , efectuados por cada una de estas fuerzas y registre los datos en la Tabla 2. Tome  $d$  como la distancia entre las diferentes posiciones como se observa en la Figura 2.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	68 de 3

### **PREGUNTAS DE CONTROL**

1.¿De los resultados obtenidos se satisface la condición de equilibrio rotacional? Justifique su respuesta.

2.Realice un diagrama vectorial de la balanza colocando el sistema de referencia en el punto de rotación de la misma y ubique las fuerzas y sus respectivos radios en forma vectorial para los datos de la tabla 1 y tabla 2.

3.Basado en la gráfica de la tabla 1, escriba analíticamente los cuatro vectores  $\vec{r}$  y los cuatro vectores  $\vec{F}$  y posteriormente calcule los 4 torques.

4.¿La sumatoria de los torques obtenidos del inciso anterior (torque del lado izquierdo más torques del lado derecho) cumple con la segunda condición de equilibrio?

### **CONCLUSIONES**

### **REFERENCIAS**

Serway, R. & Jewet, J.: Física para ciencias e ingeniería Volumen 1. Séptima edición. Cengage Learning Editores S.A. de C.V., 2008.

Sears, F. & Zemansky, M.: Young, H. & Freedman, R.: Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2009.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	69 de 3

PRACTICAS Nro 9  
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

OBJETIVOS

1. Calcular experimentalmente los valores del coeficiente de rozamiento estático y dinámico entre dos superficies específicas, utilizando métodos de medición adecuados.
2. Identificar cómo las características de las superficies en contacto (rugosidad, materiales, tratamientos) y las condiciones externas (peso aplicado, inclinación, etc.) afectan al coeficiente de rozamiento.
3. Validar los resultados experimentales del coeficiente de rozamiento comparándolos con predicciones teóricas o datos conocidos, y evaluar posibles fuentes de error en el experimento

**MATERIALES**

CANTIDAD	INSTRUMENTO
1	Deslizador
1	Carrito
1	Celda
1	Smart Timer
1	Cuerda
1	Juego de masas

**MARCO TEORICO**

El coeficiente de fricción es una magnitud adimensional que mide la resistencia al movimiento relativo entre dos superficies en contacto. Es un parámetro fundamental en la mecánica clásica y tiene aplicaciones en diversas áreas, como la ingeniería, la física y la biomecánica.

**Concepto de Fricción**

La fricción es una fuerza que se opone al movimiento relativo entre dos superficies en contacto. Se clasifica principalmente en dos tipos:

- **Fricción estática:** Actúa cuando no hay movimiento relativo entre las superficies.
- **Fricción cinética:** Se presenta cuando las superficies se deslizan entre sí.



**Ecuaciones de la fricción:**

$$f_s \leq \mu_s N$$

$$f_k = \mu_k N$$

Donde:

- $f_s$ : Fuerza de fricción estática.
- $f_k$ : Fuerza de fricción cinética.
- $\mu_s$ : Coeficiente de fricción estática.
- $\mu_k$ : Coeficiente de fricción cinética.
- $N$ : Fuerza normal.

**3. Coeficiente de Fricción**

El coeficiente de fricción ( $\mu$ ) depende de la naturaleza de las superficies en contacto. Su valor se determina experimentalmente y varía con factores como la rugosidad y la limpieza de las superficies.

**Tablas de coeficientes comunes:**

Superficie 1	Superficie 2	$\mu_s$	$\mu_k$
Acero	Acero (seco)	0.74	0.57
Caucho	Asfalto (seco)	0.9	0.8
Madera	Madera	0.25-0.5	0.2-0.4

**4. Factores que Afectan el Coeficiente de Fricción**

1. **Rugosidad de las superficies:** Aumenta la fricción al incrementar la interdigitación entre las superficies.
2. **Condiciones ambientales:** Presencia de humedad, temperatura y lubricantes.
3. **Velocidad relativa:** Puede afectar la magnitud de la fricción cinética en ciertos materiales.
4. **Materiales:** Determinan la adhesión microscópica.

**5. Importancia del Coeficiente de Fricción**

El conocimiento del coeficiente de fricción permite diseñar sistemas

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	71 de 3

mecánicos eficientes, como frenos de automóviles, neumáticos, y superficies de transporte.

## 6. Ejemplos Prácticos

1. **Automóviles:** El diseño de neumáticos depende del coeficiente de fricción con la carretera.
2. **Ingeniería estructural:** Puentes y edificios necesitan materiales con fricción adecuada para evitar deslizamientos.

## CUESTIONARIO

### Fenomenológicas

1. ¿Por qué es importante conocer el coeficiente de rozamiento en aplicaciones prácticas?
2. ¿Qué diferencia hay entre rozamiento en seco y rozamiento con lubricación?
3. ¿Qué papel juega la fuerza normal en el cálculo del coeficiente de rozamiento?

### Diseño experimental

4. ¿Qué instrumentos se necesitan para medir las fuerzas involucradas?
5. ¿Cómo afecta la inclinación de una superficie a la determinación del coeficiente de rozamiento?
6. ¿Qué tipo de superficies serían ideales para reducir el rozamiento en máquinas o sistemas?

### Relacionadas con la teoría

7. ¿El coeficiente de rozamiento depende del área de contacto entre las superficies? Explica.
8. Según la teoría, ¿cómo se comporta el coeficiente de rozamiento dinámico en comparación con el estático?
9. ¿Por qué el rozamiento se considera una fuerza no conservativa?

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	72 de 3

## **PROCEDIMIENTO**

### **A.- Coeficiente de rozamiento estático**

#### **Superficie #1**

1. Coloque la superficie #1 de la masa  $m_1$ , en contacto con la superficie de la pista de deslizamiento.
2. En el porta-pesas en la masan  $m_2$  adicione primero una masa de 30gr, sino se mueve adicione de 10gr hasta el momento en que el deslizador empieza a moverse. Lleve este valor a la tabla 1.
3. Aumente la masa del deslizador en 30 gr para la segunda toma y realice de nuevo el inciso #2, Lleve este valor a la segunda fila de la tabla 1.
4. Aumente la masa del deslizador en 30 gr más para la tercera toma y realice de nuevo el inciso #2, Lleve este valor a la tercera fila de la tabla 1.

#### **Superficie #2**

1. Coloque la superficie #2 de la masa  $m_2$ , en contacto con la superficie de la pista de deslizamiento.
2. En el porta-pesas en la masa  $m_2$  adicione primero una masa de 30gr, sino se mueve adicione de 10gr hasta el momento en que el deslizador empieza a moverse. Lleve este valor a la tabla 2.
3. Aumente la masa del deslizador en 30 gr para la segunda toma y realice de nuevo el inciso #2, Lleve este valor a la segunda fila de la tabla 2.
4. Aumente la masa del deslizador en 30 gr más para la tercera toma y realice de nuevo el inciso #2, Lleve este valor a la tercera fila de la tabla 2.

#### **Superficie #3**

1. Coloque la superficie #3 de la masa  $m_3$ , en contacto con la superficie de la pista de deslizamiento.
2. En el porta-pesas en la masa  $m_2$  adicione primero una masa de 30gr, sino se mueve adicione de 10gr hasta el momento en que el deslizador empieza a moverse. Lleve este valor a la tabla 2.
3. Aumente la masa del deslizador en 30 gr para la segunda toma y realice

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	73 de 3

de nuevo el inciso #2, Lleve este valor a la segunda fila de la tabla 3.

4. Aumente la masa del deslizador en 30 gr más para la tercera toma y realice de nuevo el inciso #2, Lleve este valor a la tercera fila de la tabla 3.

#### Superficie #4

1. Coloque la superficie #4 de la masa  $m_1$ , en contacto con la superficie de la pista de deslizamiento

2. En el porta-pesas en la masa  $m_2$  adicione primero una masa de 30gr, sino se mueve adicione de 10gr hasta el momento en que el deslizador empieza a moverse. Lleve este valor a la tabla 2.

3. Aumente la masa del deslizador en 30 gr para la segunda toma y realice de nuevo el inciso #2, Lleve este valor a la segunda fila de la tabla 4.

4. Aumente la masa del deslizador en 30 gr más para la tercera toma y realice de nuevo el inciso #2, Lleve este valor a la tercera fila de la tabla 4.

**Tabla 1.** Superficie 1: \_\_\_\_\_

M1	M2	N1	F=m2	$\mu_k$

**Tabla 2.** Superficie 2: \_\_\_\_\_

M1	M2	N1	F=m2	$\mu_k$

**Tabla 3.** Superficie 3: \_\_\_\_\_

M1	M2	N1	F=m2	$\mu_k$



Tabla 4. Superficie 4: \_\_\_\_\_

M1	M2	N1	F=m2	$\mu_k$

**ANALISIS DE LOS DATOS**

- 1.¿Qué diferencias observaste entre el coeficiente de rozamiento estático y dinámico?  
¿Por qué crees que ocurre esto?
- 2.¿Cómo se comportó la fuerza de rozamiento al variar la fuerza normal aplicada?  
¿Es proporcional?
- 3.¿Los valores obtenidos para el coeficiente de rozamiento están dentro de los rangos esperados para los materiales utilizados?
- 4.¿En qué medida coinciden los resultados experimentales con los valores teóricos o esperados?
- 5.Realice una gráfica de Fuerza de Rozamiento contra la Fuerza normal de las 4 tablas.
6. ¿Qué relación esperas observar entre la fuerza normal y la fuerza de rozamiento?
- 7.¿Cómo se interpreta la pendiente de la gráfica.  
Si no pasa por el origen, ¿qué podría estar causando esa discrepancia?
- 8.¿Cómo validarás que la gráfica muestra una relación proporcional?  
Si la relación no es lineal, ¿qué factores podrían estar afectando los resultados?
- 9.¿Qué suposiciones teóricas (como uniformidad de las superficies o fuerza constante) podrían no haberse cumplido durante el experimento?
- 10.¿Qué fuentes de error pudieron haber afectado la precisión de los resultados?  
¿Cómo influiría una superficie rugosa o lubricada en los valores del coeficiente de rozamiento?
- 11.¿Cómo podrías aplicar el conocimiento del coeficiente de rozamiento en problemas cotidianos o industriales?

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	75 de 3

12. Si quisieras reducir el rozamiento en un sistema mecánico, ¿qué cambios harías en las superficies o materiales involucrados?

13. ¿Qué tan confiable consideras el método empleado para determinar el coeficiente de rozamiento? ¿Qué mejorarías en futuras prácticas?

14. ¿Cómo justificarías la importancia del rozamiento en sistemas donde se requiere tanto minimizarlo como maximizarlo?

### **CONCLUSIONES**

### **REFERENCIAS**

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2021). Fundamentals of Physics (11th ed.). Wiley.

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics (10th ed.). Cengage Learning.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2014). Physics for Scientists and Engineers (6th ed.). W. H. Freeman.

Hibbeler, R. C. (2017). Engineering Mechanics: Dynamics (14th ed.). Pearson.



**PRACTICA Nro 10  
SEGUNDA LEY DE NEWTON**

**OBJETIVOS**

1. Estudiar y verificar la Segunda Ley de Newton, así como el comportamiento de un sistema con movimiento rectilíneo acelerado.
2. Analizar el comportamiento de la aceleración de un objeto que no varía su masa, cuando la fuerza que se le aplica aumenta.

**MATERIALES**

<b>Equipo requerido</b>	<b>Cantidad</b>
Carrito dinámico	1
Balanza	1
Smart Timer	1
Fotoceldas	2
Portapesas	1
Juego de masas	1
Cuerda (SE-8050)	1
Súper polea con prensa	1
Banderola	1
Cables de conexión para fotocelda	4

**MARCO TEORICO**

**LEYES DE NEWTON**

Las leyes de Newton son la base teórica de la mecánica clásica; han sido comprobadas y utilizadas para describir las características del movimiento mecánico de todos los cuerpos macroscópicos con gran precisión, con ayuda de las ecuaciones del movimiento mecánico se puede predecir en cada momento de tiempo la posición, velocidad, aceleración, o el tiempo transcurrido.

**SEGUNDA LEY DE NEWTON**

“La aceleración de un cuerpo que está en movimiento debido a una fuerza es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa del cuerpo”

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	77 de 3

Con la Segunda ley, Newton describió la relación entre la aceleración, la fuerza y la masa; relación que también se puede expresar de la siguiente manera:

$$F = ma$$

Ahora bien, si se considera un sistema en el que un cuerpo de masa “M” (masa del carro) se desliza sobre una superficie horizontal debido a la fuerza aplicada por medio de una cuerda que está sujeta a una masa “m1” (masa que cuelga al final de la superficie plana más la masa del portapesas) a través de una polea; la fuerza neta “*F<sub>Neta</sub>*” que actúa sobre todo el sistema es el peso de la masa colgante multiplicada por la gravedad que equivale a 9.8 m/s<sup>2</sup>. (si se desprecia la fricción)

$$F_{Neta} = m_1g$$

De acuerdo a la Segunda Ley de Newton, esta fuerza neta debería ser igual a la fuerza de la ecuación; donde “m” es la masa total que está siendo acelerada, la cual en este caso es (M + m<sub>1</sub>). Entonces la fuerza neta despreciando la fricción equivaldría a:

$$F_{Neta} = m_1g = (M + m_1)a$$

Para determinar la aceleración, el cuerpo que se pretende deslizar se ubicará en el punto de inicio y se medirá en tiempo que tarda en recorrer una distancia x y bajo la relación:

$$y = \frac{gt^2}{2}$$

Se calculará el valor para la aceleración de la siguiente manera suponiendo que es constante.

### **CUESTIONARIO**

Defina el concepto de fuerza, escriba como mínimo cuatro ejemplos de la vida cotidiana.

¿Qué relación existe entre las variables **F**, **m**, **a** que se involucran en la segunda ley de Newton? Justifique su respuesta con un ejemplo.

Realice el análisis dimensional de la expresión mostrada en la ecuación, además, consulte las unidades de medida de la fuerza en los sistemas MKS, CGS y sus respectivas equivalencias en ambos sistemas.

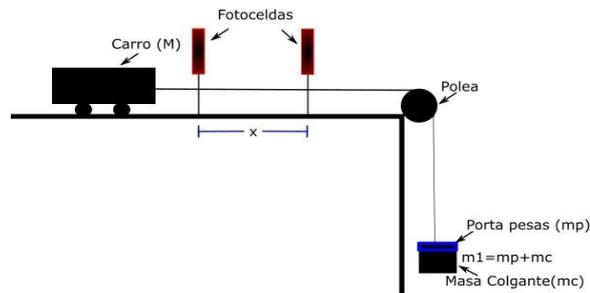


Figura 1. Diagrama del montaje de la Segunda Ley de Newton

## PROCEDIMIENTO

1. Con ayuda de la balanza determine el valor de la masa del carrito dinámico junto con la banderola, el cual corresponde a “ $M$ ” y registre este valor en la tabla 1.
2. Ubique y asegure la polea en el extremo de la mesa donde finaliza la línea blanca.
3. Disponga las fotoceldas separadas a 10 cm de la señalización de peligro. Tenga en cuenta que la fotocelda debe estar posicionada de modo tal que alcance a tomar medición de la banderilla del carrito dinámico y a su vez no debe interrumpir el deslizamiento del mismo.
4. Disponga la otra fotocelda a 30 cm de la primera fotocelda siguiendo las mismas condiciones de la disposición de la fotocelda anterior.
5. Con una cuerda de longitud “ $L$ ” entre ( $1m \leq L \leq 1,2m$ ) una el carrito dinámico y el portapesas. Luego posicione el carrito dinámico justo después de la segunda fotocelda sobre la línea blanca mientras deja caer el portapesas por la polea con la ayuda de la cuerda que une el sistema. (La cuerda que une el sistema carrito dinámico-polea-portapesas debe estar paralela a la línea blanca de la mesa).
6. Sin soltar el carrito dinámico, coloque una masa colgante “ $m_c$ ” sobre el portapesas y regístrela en la tabla 1.
7. Libere el carrito dinámico y tome 5 mediciones del tiempo que tarda este en recorrer la distancia entre las dos fotoceldas (30 cm que equivaldrán a nuestro “ $x$ ”) con ayuda del Smart Timer en la opción “Two gate” y registre los valores obtenidos en la tabla 1 como “ $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$ ”.

Realice los pasos 6 y 7 cuatro veces más aumentando la masa “*mc*” en cada ocasión y complete la tabla 1.

Masa del deslizador M [kg]	Masa del portapesas + pesas ( <i>m<sub>c</sub></i> ) [kg]	<i>t</i> <sub>1</sub> ( s)	<i>t</i> <sub>2</sub> ( s)	<i>t</i> <sub>3</sub> ( s)	<i>t</i> <sub>4</sub> ( s)	<i>t</i> <sub>5</sub> ( s)	Tiempo promedio (s) <i>t<sub>mejor</sub></i> ± <i>δt</i>

Tabla 1. Datos experimentales.

### ANALISIS DE LOS DATOS

1. Calcular los respectivos tiempos promedios y respectivas incertidumbres. Completar la tabla 1.
2. Utilizando los datos de la tabla 1, emplee la ecuación (4.4) para determinar las aceleraciones para cada caso y regístrelas en la tabla 2.
3. Para cada caso, calcular el producto de la masa total por la aceleración y completar la segunda columna de la tabla 2. (tenga en cuenta que “*m<sub>1</sub>*” equivale a la suma de la pesa colocada en cada caso y la masa del portapesas).
4. Calcule el producto entre la gravedad y “*m<sub>1</sub>*” y registre estos datos en la tercera columna de la tabla 2.
5. Finalmente determine el error porcentual entre las fuerzas registradas en las columnas 2 y 3 de la tabla 2. Recuerde que:

$$\left| \frac{V_{Teorico} - V_{Experimental}}{V_{Teorico}} \right| \times 100\%$$

6. En donde *V<sub>exp</sub>* es el valor experimental y corresponde a la fuerza calculada mediante (M+*m<sub>1</sub>*)a y *V<sub>teo</sub>* es el valor teórico calculada mediante *m<sub>1</sub>g* .

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	80 de 3

Realice una gráfica de la fuerza neta en función de la aceleración.

<b>a (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>(M+m<sub>1</sub>) a</b>	<b><math>F_{Neta} = m_1g</math></b>	<b>%Error</b>

Tabla 2. Datos calculados de la fuerza.

### **PREGUNTAS DE CONTROL**

1. ¿Cuáles podrían ser las posibles fuentes de error? Justifique su respuesta.
2. ¿Verifican los resultados de esta práctica la Segunda Ley de Newton? Justifique su respuesta.
3. Utilizando la regresión lineal encuentre la pendiente de la gráfica Fuerza vs Aceleración y que ¿significado tiene esta?
4. Con el valor de la pendiente calculada anteriormente, encuentre la ecuación que describe al movimiento y explique qué significado tiene esta ecuación.
5. ¿Son comparables los resultados de la masa obtenida a partir de la gráfica y la medida con la balanza? Además, calcule el error porcentual, donde el valor teórico es el medido por la balanza y el valor experimental el obtenido con la pendiente de la gráfica.
6. ¿Explique qué ocurriría si el experimento se hace en la luna? Recuerde que esta es aproximadamente 1/6 de la gravedad en la tierra.

### **CONCLUSIONES**

### **REFERENCIAS**

Serway, R. & Jewet, J.: Física para ciencias e ingeniería Volumen 1. Séptima edición. Cengage Learning Editores S.A. de C.V., 2008.

Sears, F. & Zemansky, M.: Young, H. & Freedman, R.: Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2009.

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	81 de 3

Ohanian, H. & Markert, J.: Física para ingeniería y ciencias Volumen 1. Tercera edición. W. W. Norton & Company, Inc. New York-London, 2007.

ALONSO, M. y FINN, E. J., Física, vol. I, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967.

SERWAY, RAYMOND. A., Física, Tomo 1, 7ª edi. McGraw-Hill, Bogotá, 2008.



### PRACTICA Nro 11

### CONSERVACION DE LA ENERGIA

#### OBJETIVOS

1. Estudiar el concepto de energía cinética y potencial.
2. Comprobar el teorema de conservación de la energía.
3. Reforzar los conocimientos adquiridos en el movimiento parabólico.

#### MATERIALES

MATERIAL	CANTIDAD	OBSERVACION
Mesa	1	
Metro	1	
Papel bon	1/2 pliego	El estudiante lo trae

#### MARCO TEORICO

Cuando un cuerpo de masa  $m$  tal como un automóvil, una pelota se desplaza con una velocidad  $v$  posee energía llamada en este caso energía cinética  $E_c$ , esta energía puede ser causada por la transformación de otro tipo de energía, por ejemplo, cuando se toma un cuerpo y se lleva hasta una altura  $h$  sobre el suelo, se debe realizar un trabajo para subir el cuerpo hasta la altura  $h$ , cuando el cuerpo se encuentra a la altura  $h$  posee energía que en este caso es potencial  $E_p$ . Al dejar caer el cuerpo este pierde altura ocasionando con ello una pérdida de energía potencial; esta energía potencial perdida se transforma en energía cinética a causa del incremento de la velocidad del cuerpo; cuando el cuerpo llega al suelo su energía potencial es cero por no poseer altura, en este caso su energía potencial se ha convertido en energía cinética, es decir:

$$E_c = E_p$$

Este fenómeno se puede generalizar si tomamos dos puntos A y B, donde la energía total es decir la suma de la energía cinética y potencial en los puntos son  $E_A$  y  $E_B$  respectivamente, las cuales deben ser iguales, lo que constituye el teorema de conservación de la energía. Cuando el objeto se mueve del punto A al punto B, puede perder energía por otras causas, por ejemplo, la fricción, en este caso no se cumple que  $E_A = E_B$ , porque la energía final es menor que la energía inicial; el teorema de conservación de energía es en este caso:

$$E_A = E_B + W$$

Donde  $W$  es el trabajo realizado por las fuerzas no conservativas, como, por ejemplo la fricción. Las expresiones para la energía potencial y la energía cinética son:



$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

y

$$E_p = mgh$$

Considerando ahora una esfera pequeña de masa  $m = 96\text{gr}$ , que se encuentra a una altura  $h$  sobre una mesa en el punto A, como se muestra en la figura; al soltar la esfera esta sale disparada con una velocidad horizontal  $v_0$  en el punto B y viaja con un movimiento parabólico hasta el punto C. En el punto A, la energía es solo potencial y está determinada por:

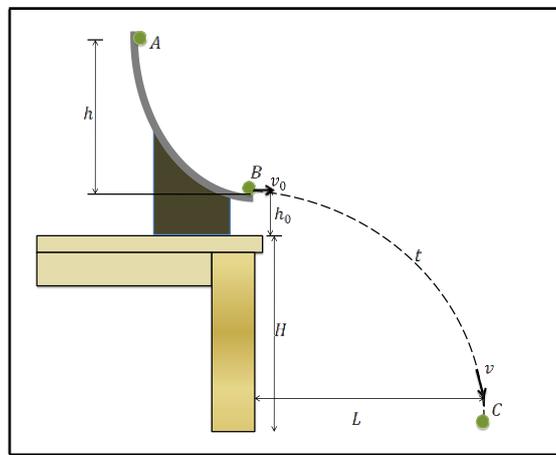
$$E_A = mg(h + H + h_0)$$

y la energía en el punto B, es la suma de la energía cinética y potencial en el punto es decir,

$$E_B = mg(H + h_0) + \frac{1}{2}mv_0^2$$

Finalmente, la energía en el punto C, es solo cinética debido a que la altura es cero,

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$





A causa del movimiento parabólico la esfera recorre una distancia horizontal L dada por:

$$L = v_0 t$$

donde t es el tiempo que tarda la esfera en viajar de B a C, de igual forma para calcular la velocidad inicial del movimiento parabólico  $v_0$  utilizamos la ecuación,

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

Así,

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL^2}{2(H + h_0)}}$$

Las componentes de la velocidad en el punto C se pueden calcular con  $v_x = v_{0x}$  y  $v_y = v_{0y} + gt$ .

con lo cual la velocidad en el punto C es:

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{g^2 L^2}{v_0^2}}$$

### CUESTIONARIO

- a) Que es trabajo?
- b) Que es energía potencial?
- c) Que es energía cinética?
- d) Que establece el principio de conservación de la energía?
- e) Que son fuerzas conservativas y no conservativas?

### PROCEDIMIENTO

- 1 Realice el montaje de la figura
- 2 Mida el valor de las alturas fijas H y  $h_0$  y registre sus valores en la Tabla
- 3 Deje caer la esfera desde una altura h sobre el nivel de la mesa, registre el valor de la altura h en la Tabla.
- 4 Determine la distancia horizontal L recorrida por la esfera antes de golpear el suelo por primera vez, determine esta medida tres veces para la misma altura h.
- 5 Repita el numeral anterior para diferentes valores de h y registre los valores de h y L obtenidos en la Tabla

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	85 de 3

- a) Calcule los promedios de L para cada una de las alturas h y regístrelos en la Tabla como L.
- b) Calcule  $v_0$  para cada una de las alturas h y regístrelo en la Tabla.
- c) Calcule los valores de v para cada una de las alturas h y regístrelos en la Tabla.
- d) Calcule la energía en el punto A para cada una de las alturas h.
- e) Calcule la energía en el punto B para cada una de las alturas h.
- f) Calcule la energía en el punto C para cada una de las alturas h.

h	$L_1$	$L_2$	$L_3$	L

h	$V_0$	$E_A$	$E_B$	$E_C$

### Preguntas de control

- a) Coinciden los valores de la energía en los puntos A, B y C?.
- b) En caso de existir una diferencia en los valores del inciso anterior justifique?
- c) ¿Realizando una regresión lineal entre  $E_A$  y h, para determinar la gravedad?
- d) Que significado físico tiene el corte de la ecuación anterior?

### CONCLUSIONES

### REFERENCIAS

Serway, R. & Jewet, J.: Física para ciencias e ingeniería Volumen 1. Séptima edición. Cengage Learning Editores S.A. de C.V., 2008.

Sears, F. & Zemansky, M.: Young, H. & Freedman, R.: Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2009.

Ohanian, H. & Markert, J.: Física para ingeniería y ciencias Volumen 1. Tercera edición. W. W. Norton & Company, Inc. New York-London, 2007.

ALONSO, M. y FINN, E. J., Física, vol. I, Edición Revisada y Aumentada,

	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	86 de 3

Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967.  
SERWAY, RAYMOND. A., Física, Tomo 1, 7ª edi. McGraw-Hill, Bogotá, 2008.



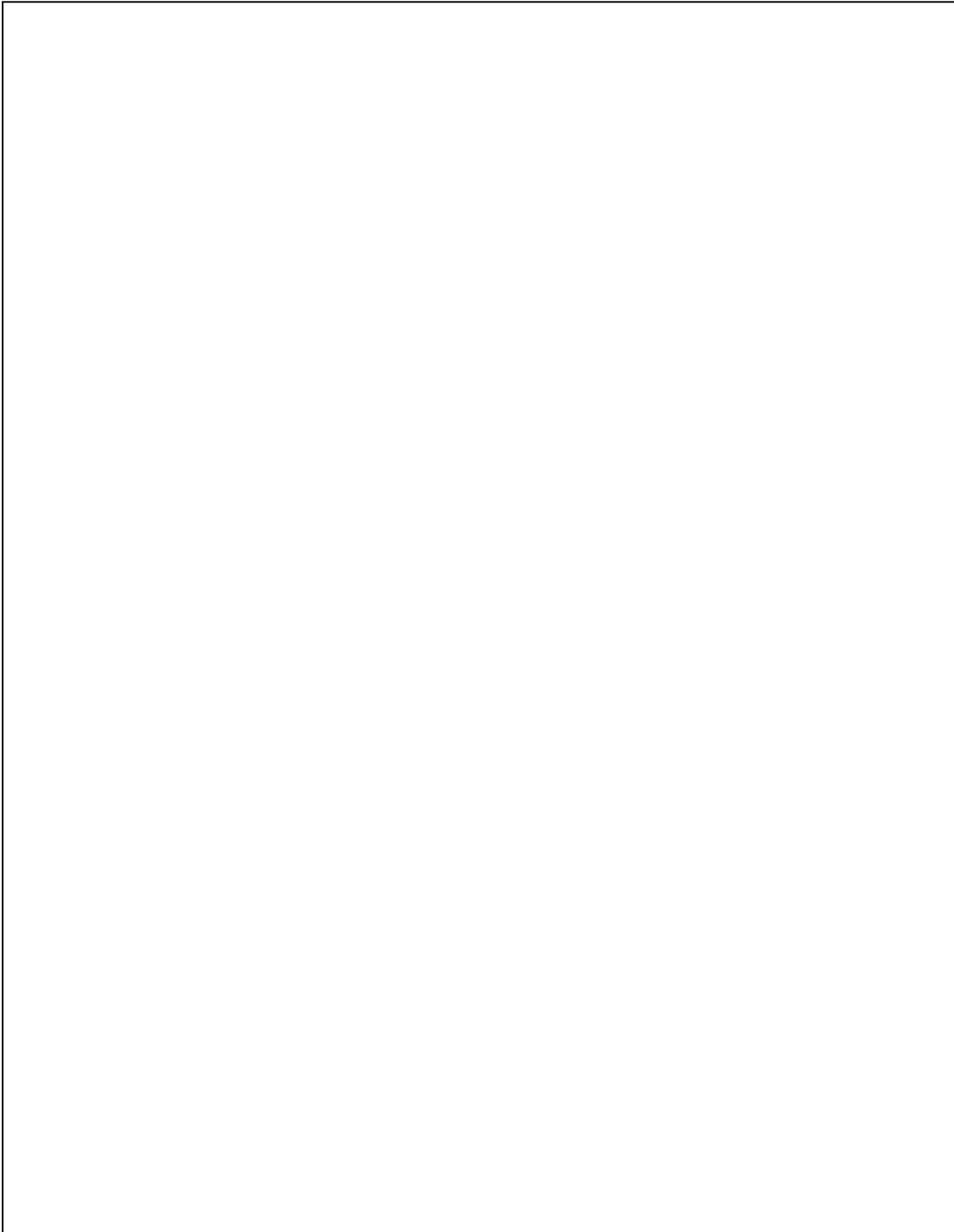
**Manual de Practicas**

**Código**

FGA-73 v.00

**Página**

87 de 3



	<b>Manual de Practicas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	88 de 3