
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	1/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


# Manual de Prácticas de Laboratorio de Física

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M en E. Elizabeth Aguirre Maldonado  M en I. Rigel Gámez Leal  Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	M en A. M. del Carmen Maldonado Susano  Q. Antonia del Carmen Pérez León  Q. Esther Flores Cruz  M. en I Mayverena Jurado Pineda  M en I Juan Carlos Cedeño Vázquez  M en I. Rigel Gámez Leal  Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	4 de agosto de 2017

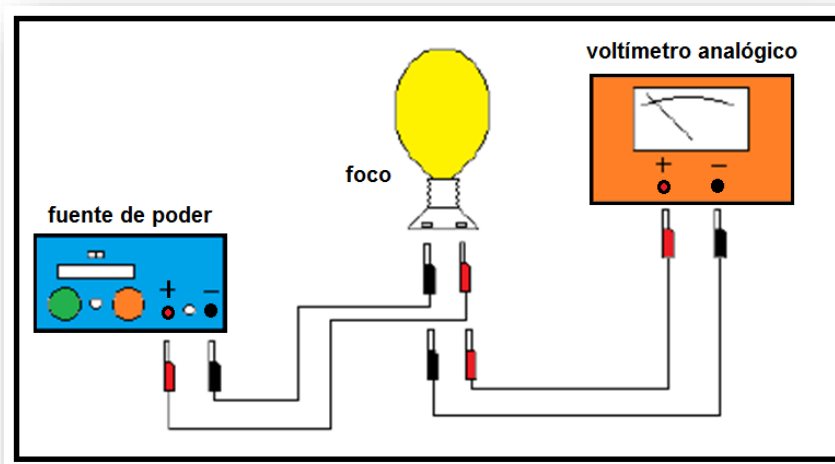
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	2/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## Contenido

	<b>Páginas</b>
Práctica 1. Caracterización de un voltímetro analógico .....	3
Práctica 2. Caracterización de un dinamómetro .....	12
Práctica 3. Propiedades de las sustancias .....	21
Práctica 4. Gradiente de presión .....	28
Práctica 5. Algunas propiedades térmicas del agua .....	35
Práctica 6. Leyes de la Termodinámica .....	45
Práctica 7. Carga y corriente eléctrica .....	52
Práctica 8. Fuerza magnética sobre un conductor .....	61
Práctica 9. Movimiento ondulatorio .....	69
Práctica 10. Reflexión y refracción (transmisión) de la luz .....	77

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	3/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física I	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 1. Caracterización de un voltímetro analógico




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	4/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Foco incandescente	Quemadura por tocar la ampolla del mismo al estar encendido y/o recién apagado igualmente al acercarle la cara.
2	Fuente de poder	Girar las 2 perillas de corriente y voltaje en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, por si la brigada del grupo anterior las dejó al máximo y al encender la fuente se pueda dañar el circuito.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- a) Determinar el rango, la resolución y la legibilidad del voltímetro (características estáticas).
- b) Calcular la precisión y la exactitud del voltímetro para cada valor patrón en el rango de experimentación.
- c) Determinar la incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.
- d) Determinar los valores más representativos para los valores patrones utilizados incluyendo sus incertidumbres.
- e) Obtener la curva de calibración y su ecuación para el voltímetro bajo estudio.
- f) Determinar la sensibilidad y el error de calibración del voltímetro.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	5/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

- fuente de poder de 0 hasta 30 [V] con 5 [A] máximo, con voltímetro digital integrado
- voltímetro analógico de 0 a 50 [V]
- foco incandescente de 60 [W]
- base para foco con cables de conexión
- cuatro cables de conexión cortos

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1


Analice el voltímetro por caracterizar y registre sus características estáticas. Verifique el **ajuste a cero** del voltímetro y, de ser necesario, haga el ajuste mecánico con el tornillo colocado al centro de la parte inferior de la carátula, como se indica en la figura 1.1.



Figura 1.1. Voltímetro analógico.

Tabla 1.1

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	6/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Arme el circuito mostrado en la figura 1.2, **sin poner en funcionamiento la fuente de poder** y verifique que las perillas de corriente y voltaje estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (  $\curvearrowright$  ).

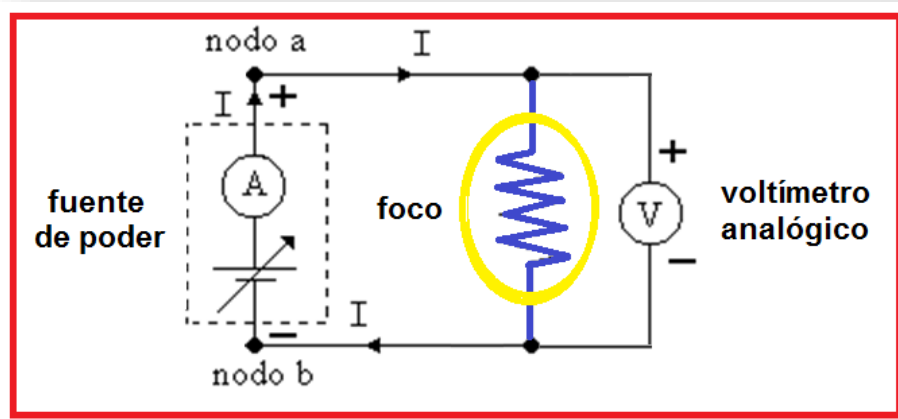
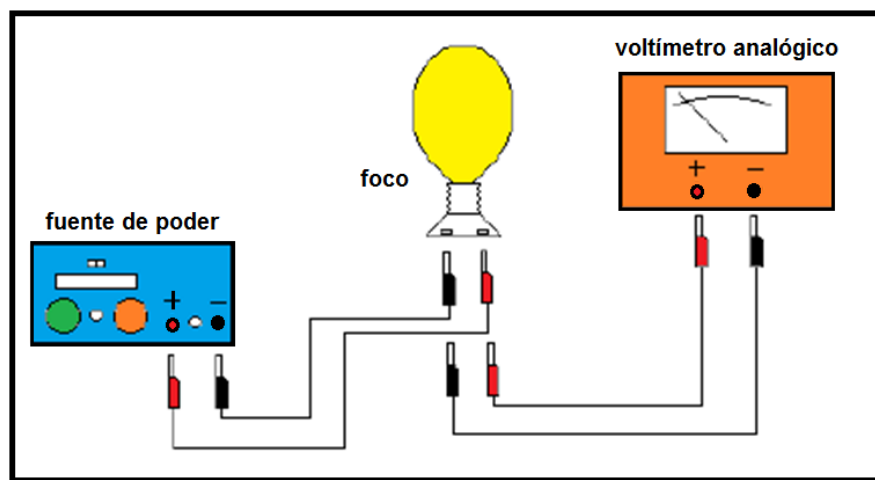



Figura 1.2. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	7/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Encienda la fuente y con giros pequeños de las dos perillas gradúe los valores de la diferencia de potencial (voltaje) aplicada al foco, en el circuito; tome el valor del voltímetro digital como el valor patrón y a la lectura realizada en el voltímetro analógico como el valor leído.


Calcule el valor leído promedio, la desviación estándar y el valor más representativo con su incertidumbre para cada valor patrón utilizado. Complete la tabla 1.2.

**Tabla 1.2**

$V_P$ [V]	$V_{L1}$ [V]	$V_{L2}$ [V]	$V_{L3}$ [V]	$V_{L4}$ [V]	$V_{L5}$ [V]	$\bar{V}_L$ [V]	$S_v$ [V]	$\bar{V}_L \pm \Delta V$ [V]
2.5								
4.5								
6.5								
8.5								
10.5								
12.5								

### Nomenclatura

- $V_P$  : valor patrón.  
 $\bar{V}_L$  : valor leído promedio.  
 $\Delta V$  : incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.  
 $\bar{V}_L \pm \Delta V$  : valor más representativo con su incertidumbre.  
 $S_v$  : desviación estándar.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	8/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 4

Con el valor patrón y el valor leído promedio obtenido, realice los cálculos necesarios y complete la tabla 1.3.

**Tabla 1.3**


$V_P$ [V]	$\bar{V}_L$ [V]	% EE	% E	% EP	% P
2.5					
4.5					
6.5					
8.5					
10.5					
12.5					

### Nomenclatura

- $V_P$  : valor patrón.
- $\bar{V}_L$  : valor leído promedio.
- % EE : porcentaje de error de exactitud.
- % E : porcentaje de exactitud.
- % EP : porcentaje de error de precisión.
- % P : porcentaje de precisión.

### Actividad 5

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos del valor leído promedio en función del valor patrón.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	9/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Cuestionario


1. ¿Para qué valor de  $V_p$  el voltímetro presenta menor error de exactitud?
2. ¿Para qué valor de  $V_p$  el voltímetro presenta menor error de precisión?
3. Realice la gráfica de la curva de calibración; tome al Valor patrón ( $V_p$ ) como la variable independiente.
4. Obtenga la ecuación de la curva de calibración indicando las unidades de cada término en el SI.
5. ¿Cuál es la sensibilidad del voltímetro y su error de calibración, cada uno con sus unidades correspondientes en el SI?

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Gutiérrez Aranzeta, Carlos; Introducción a la metodología experimental, 2da. Edición, México, Limusa Noriega, 2006.

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	10/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas

$$\%EE = \left| \frac{V_P - \bar{V}_L}{V_P} \right| \times 100 \quad \%E = 100 - \%EE$$

$$\%EP = \left| \frac{\bar{V}_L - V_{+a}}{\bar{V}_L} \right| \times 100 \quad \%P = 100 - \%EP$$


**Desviación estándar de una muestra de “n” mediciones de una misma cantidad física:**

$$S_V = \pm \left[ \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{V}_L - V_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad y \quad \Delta V = S_{mV} = \frac{\pm S_V}{\sqrt{n}} ;$$

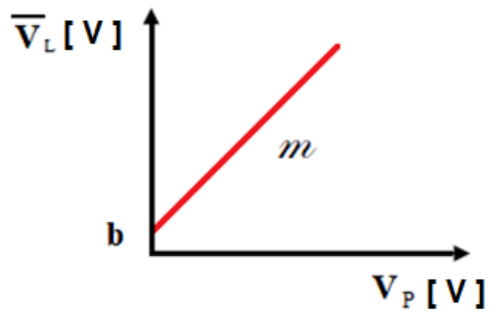
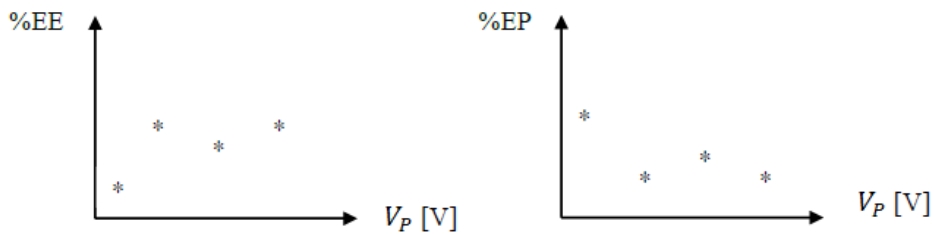
$$[\Delta V]_u = [S_{mV}]_u = [S_V]_u$$

**Expresiones del método de la suma de los cuadrados mínimos:**

$$m = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad b = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)(\sum x_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	11/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Modelos gráficos

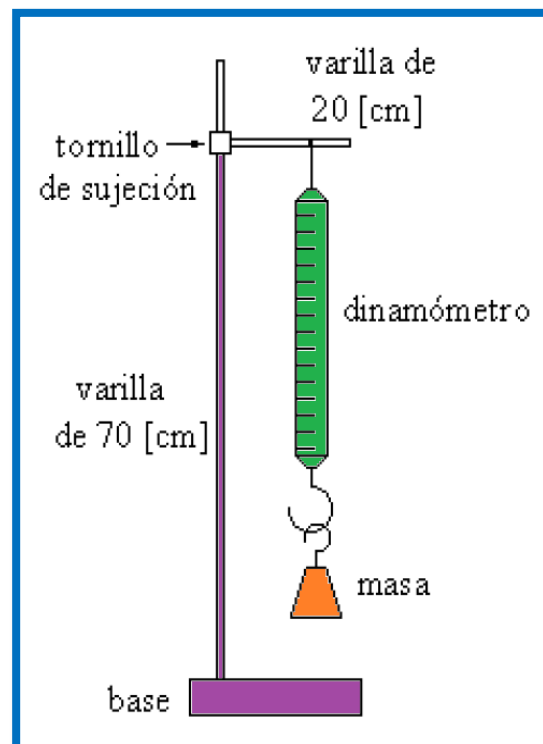



### Modelo matemático

$$\bar{V}_L [V] = m [1] V_P [V] + b [V]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	12/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 2. Caracterización de un dinamómetro



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	13/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Peso de las masas patrón	Al manipular las masas inadecuadamente se pueden caer y causar daños.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- a) Determinar las características estáticas del dinamómetro empleado.
- b) Determinar el error de exactitud (**%EE**) y el porcentaje de exactitud (**%E**) del dinamómetro para cada valor patrón.
- c) Determinar el error de precisión (**%EP**) y el porcentaje de precisión (**%P**) del dinamómetro para cada valor patrón.
- d) Determinar la incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.
- e) Determinar los valores más representativos para los valores patrones utilizados incluyendo sus incertidumbres.
- f) Obtener los modelos gráfico y matemático de la curva de calibración.
- g) Identificar el significado físico de la pendiente y el de la ordenada al origen de los modelos de la curva de calibración.

## 3. Material y equipo

- dinamómetro de 0 a 10 [N]
- masa de 50 [g]
- masa de 100 [g]
- masa de 200 [g]
- base de soporte universal
- varilla de 70 [cm]
- varilla de 20 [cm]
- tornillo de sujeción

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	14/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

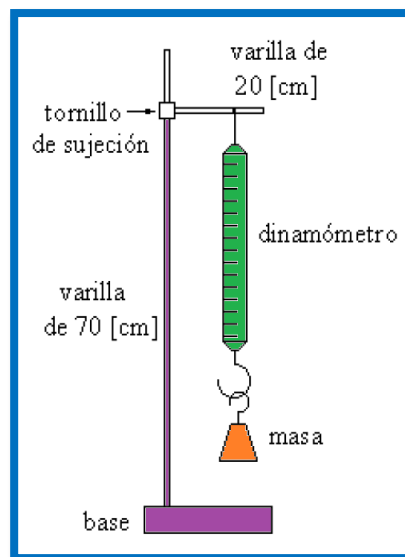
Analice el dinamómetro y registre sus características estáticas. Llene la tabla 2.1.

**Tabla 2.1**


Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2

Verifique el **ajuste a cero** del dinamómetro, éste puede realizarse al aflojar la tuerca superior y girar el gancho del soporte hasta que la parte media del indicador marque cero, una vez hecho esto apretar la tuerca superior para asegurarlo. Coloque el dinamómetro en el soporte universal para realizar las mediciones, como se indica en la figura 2.1.



**Figura 2.1. Dispositivo experimental del dinamómetro.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	15/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3


Calcule el módulo del peso patrón  $W_p$  de cada masa patrón  $m_p$ , aplique la segunda ley de Newton ( $W_p = m_p g$ ) y el módulo del valor de la aceleración gravitatoria local ( $|\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$ ). Llene la tabla 2.2.

**Tabla 2.2**

$m_p$ [g]	$m_p$ [kg]	$W_p$ [N]
50		
100		
150		
200		
250		
300		
350		

### Nomenclatura

$W_p$  : peso patrón [N].  
 $m_p$  : masa patrón [kg].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	16/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 4


Cuelgue en el dinamómetro las masas patrones de manera sucesiva y registre el peso leído de cada una; efectúe las mediciones en forma creciente y luego decreciente hasta completar las cuatro columnas ( $W_{L1}$ ,  $W_{L2}$ ...  $W_{L5}$ ). Copie el peso patrón de la tabla 2.2 y complete la tabla 2.3.

**Tabla 2.3**

$W_P$ [N]	$W_{L1}$ [N]	$W_{L2}$ [N]	$W_{L3}$ [N]	$W_{L4}$ [N]	$\bar{W}_L$ [N]	$S_v$ [N]	$\bar{W}_L \pm \Delta W$ [N]

### Nomenclatura

- $W_P$  : valor del módulo del peso patrón [N].
- $\bar{W}_L$  : valor del peso leído promedio [N].
- $S_v$  : desviación estándar.
- $\bar{W}_L \pm \Delta W$  : valor más representativo con su incertidumbre.
- $\Delta W$  : incertidumbre para las mediciones de cada peso patrón utilizado.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	17/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 5

Para cada peso patrón calculado, complete los datos solicitados en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4**


$W_P$ [N]	$\overline{W}_L$ [N]	%EE	%E	%EP	%P

## Nomenclatura

- $W_P$  : peso patrón [N].
- $\overline{W}_L$  : peso leído promedio [N].
- % EE : porcentaje de error de exactitud.
- % E : porcentaje de exactitud.
- % EP : porcentaje de error de precisión.
- % P : porcentaje de precisión.

## Actividad 6

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos del peso leído promedio en función del peso patrón.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	18/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 5. Cuestionario

1. Realice la gráfica del porcentaje de error de exactitud en función del valor patrón e indique ¿para qué valor patrón se tuvo el mayor error de exactitud?
2. Realice la gráfica del porcentaje de error de precisión en función del valor patrón e indique ¿para qué valor patrón se presentó el mayor error de precisión?
3. Realice el modelo gráfico de la curva de calibración. Indicando las unidades de cada término en el SI.
4. Obtenga el modelo matemático de la curva de calibración. Indicando las unidades de cada término en el SI.
5. Para cada término del modelo matemático del inciso anterior indique si es constante, variable independiente o variable dependiente y escriba su expresión dimensional en el SI.

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía.

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	19/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas

$$W_p = m_p g \quad \text{en la cual} \quad |\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\%EE = \left| \frac{V_p - \bar{V}_L}{V_p} \right| \times 100 \quad \%E = 100 - \%EE$$

$$\%EP = \left| \frac{\bar{V}_L - V_{+a}}{\bar{V}_L} \right| \times 100 \quad \%P = 100 - \%EP$$


**Desviación estándar de una muestra de “n” mediciones de una misma cantidad física:**

$$S_W = \pm \left[ \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{W}_L - W_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \text{y} \quad \Delta W = S_{mW} = \frac{\pm S_W}{\sqrt{n}} ;$$

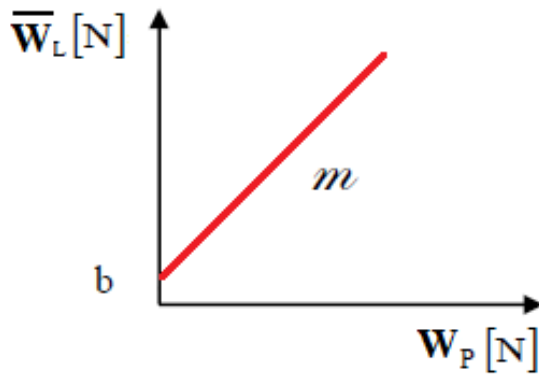
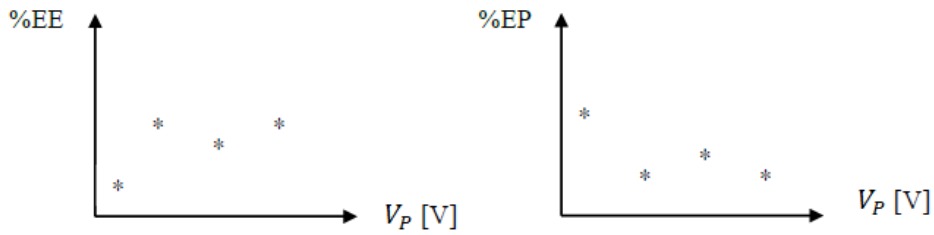
$$[\Delta W]_u = [S_{mW}]_u = [S_W]_u$$

**Expresiones del método de la suma de los cuadrados mínimos:**

$$m = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad b = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)(\sum x_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	20/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Modelos gráficos

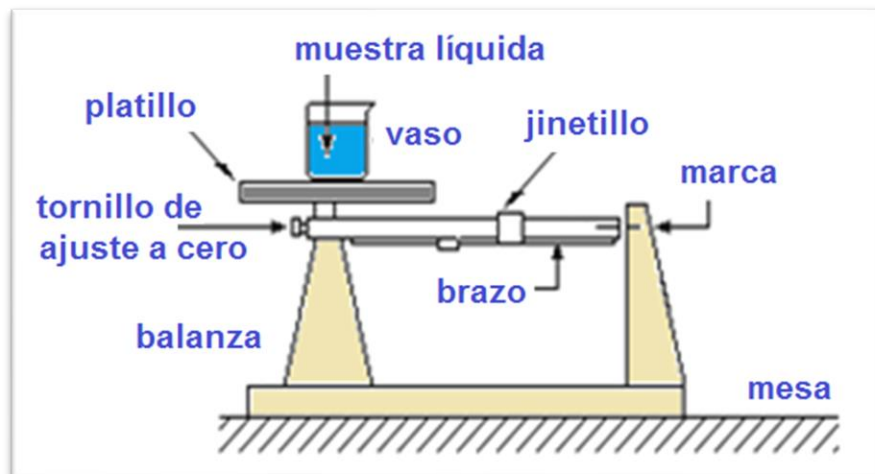



### Modelo matemático

$$\bar{W}_L [N] = m [1] W_P [N] + b [N]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	21/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Práctica 3. Propiedades de las sustancias



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	22/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Algunas sustancias usadas.	Ligera toxicidad al contacto con ellas.
2	Vaso de precipitados.	Si es manipulado inadecuadamente puede caer y romperse en fragmentos filosos.
3	Calibrador con vernier	Tiene partes filosas y puntiagudas, por lo que debe manipularse con cuidado; dichas partes deben estar alejadas de la cara.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Determinar algunas propiedades de las sustancias en fase sólida o líquida.
- Comprobar que el valor de una propiedad intensiva no cambia si se modifica la cantidad de materia (masa) y verificar lo contrario para una propiedad extensiva.
- Distinguir entre las cantidades físicas, las de tipo vectorial y las de tipo escalar.

## 3. Material y equipo

- balanza granataria de 0 a 610 [g]
- calibrador vernier
- vaso de precipitados de 50 [ml]
- tres muestras sólidas de materiales diversos
- tres muestras líquidas de sustancias diversas
- jeringa de 10 [ml]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	23/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

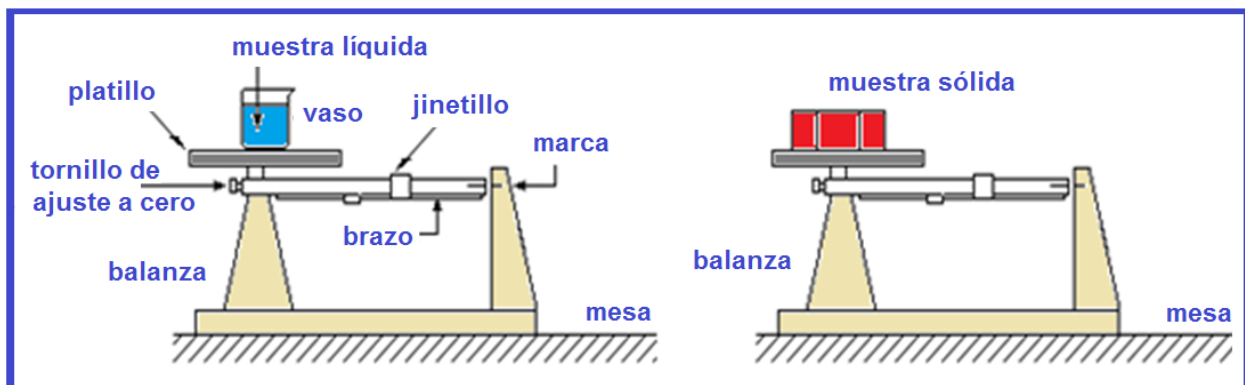
Identifique las características estáticas de la balanza proporcionada. Llene tabla 3.1.

**Tabla 3.1**


Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2

**Ajuste a cero** la balanza, el cual se llevará a cabo colocando los jinetillos completamente a la izquierda de los brazos móviles (donde marquen cero) y gire el tornillo de **ajuste a cero**, que se encuentra en el lado izquierdo del punto de apoyo, hasta que las marcas de la aleta de freno y el freno magnético den la impresión de formar una línea continua, como se indica en la figura 3.1.



**Figura 3.1. Diagrama de medición de muestras sólidas y líquidas.3**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	24/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Mida la masa de cada muestra sólida proporcionada y calcule su volumen.

Para las muestras líquidas mida la masa total (recipiente y sustancia) y reste la masa del recipiente. Los volúmenes se encuentran especificados en los recipientes, no los destape; para el agua use el vaso de precipitados proporcionado. Llene la tabla 3.2.

**Tabla 3.2**


sustancia	Fase	m [kg]	V [m <sup>3</sup> ]	W [N]
aceite				
agua				
glicerina				
esponja				
acero				
acrílico				
	vector o escalar			
	Intensiva o extensiva			

**Nota:**

\* Escribir en la columna de fase: S si es sólida o L si es líquida.

\* Escribir en la penúltima fila si se trata de una cantidad física vectorial o escalar.

\* Escribir en la última fila una E si es una propiedad extensiva o I si es intensiva.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	25/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

Indique si se trata de una propiedad intensiva o extensiva; así como si son cantidades físicas escalares o vectoriales. Llene la tabla 3.3.

**Tabla 3.3**


	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [1]	$\gamma$ [N/m <sup>3</sup> ]	$v$ [m <sup>3</sup> /kg]
Propiedad Intensiva o extensiva				
Cantidad física vectorial o escalar				

#### Actividad 5

Para cada muestra calcule: densidad, densidad relativa, peso específico y volumen específico. Llene la tabla 3.4.

**Tabla 3.4**

Sustancia	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [1]	$\gamma$ [N/m <sup>3</sup> ]	$v$ [m <sup>3</sup> /kg]
aceite				
agua				
glicerina				
esponja				
acero				
acrílico				

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	26/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Nomenclatura

$m$  : masa [kg].

$|\vec{W}|$  : módulo del peso [N].

$V$  : volumen [ $m^3$ ].

$\rho$  : densidad [ $kg/m^3$ ].

$\delta$  : densidad relativa [1].


$v$  : volumen específico [ $m^3/kg$ ].

$|\vec{\gamma}|$  : módulo del peso específico [ $N/m^3$ ].

## 5. Cuestionario

1. Anote tres propiedades extensivas y tres intensivas de las sustancias, justificando su respuesta.
2. Escriba tres cantidades físicas de tipo escalar y tres de tipo vectorial, explicando el por qué.
3. Menciones dos ejemplos de sustancias homogéneas y dos heterogéneas.
4. ¿Cuáles de las sustancias empleadas son isotrópicas y cuáles son no isotrópicas?
5. Si se vertieran volúmenes iguales y de cada uno de los líquidos empleados, en un recipiente cilíndrico, indique en un esquema como quedarían colocados al alcanzar condiciones estables (en reposo).

## 6. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	27/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$|\vec{W}| = m\vec{g} [N]$$


$$|\vec{g}| = 9.78 [m/s^2]$$

$$\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

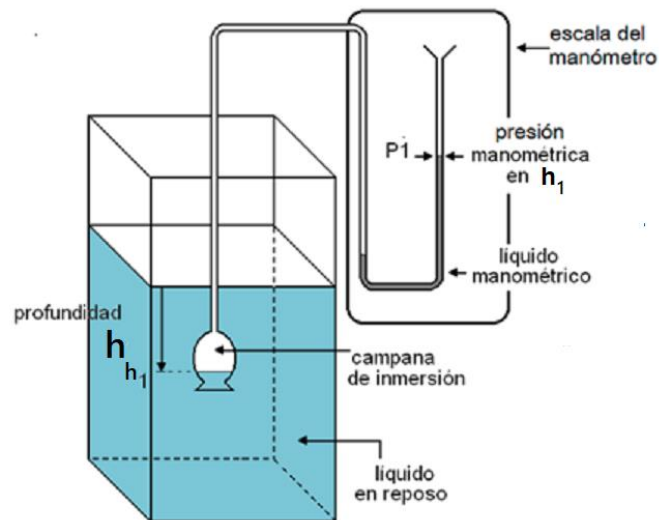
$$\delta_x = \frac{\rho_x}{\rho_{\text{agua}}} [1]$$


$$|\vec{\gamma}| = \frac{\vec{W}}{V} \left[ \frac{N}{m^3} \right]$$

$$v = \frac{1}{\rho} \left[ \frac{m^3}{kg} \right]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	28/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 4. Gradiente de presión



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	29/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cristalería.	Al ser manipulada inadecuadamente puede romperse en fragmentos afilados.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Obtener los modelos gráfico y matemático de la presión manométrica  $P_{\text{man}}$  en función de la profundidad  $h$  en un fluido homogéneo en reposo.
- Obtener, a partir del modelo matemático anterior, la densidad  $\rho$  y la magnitud del peso específico  $\gamma$  del fluido empleado.
- Explicar la relación que existe entre presiones absoluta, relativa y atmosférica.
- Verificar la validez del gradiente de presión y la naturaleza intensiva de la propiedad llamada presión.

## 3. Material y equipo

- manómetro diferencial
- recipiente de base cuadrada
- flexómetro
- vaso de precipitados de 600 [ml]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	30/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

Identifique las características estáticas del manómetro diferencial. Llene la tabla 4.1.

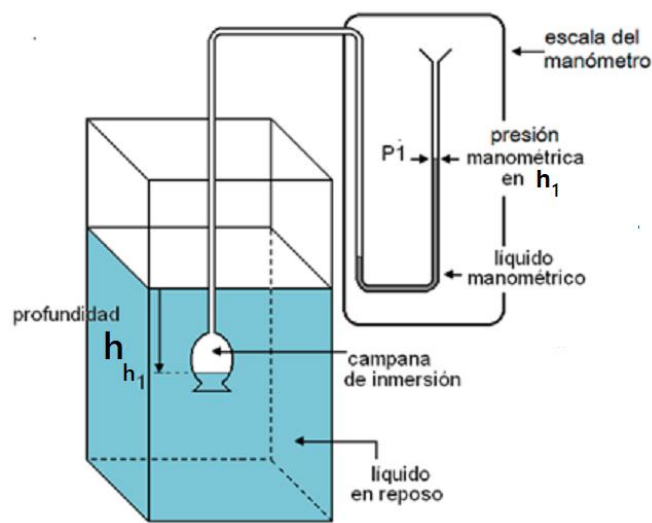
**Tabla 4.1**

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad


### Actividad 2

Verifique que en el recipiente de base cuadrada con un líquido desconocido se alcancen 15 [cm] de profundidad como mínimo. **Ajuste a cero** el manómetro diferencial desplazando la escala móvil; si es necesario, agregar líquido manométrico.

Introduce el sensor del manómetro (campana de inmersión) dejando entrar un poco del líquido desconocido para que el menisco (en este caso cóncavo hacia el aire) se pueda observar claramente, ya que en su base se tomará la lectura de la presión manométrica a la profundidad deseada. (↷), como se indica en la figura 4.1.



**Figura 4.1. Dispositivo experimental.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	31/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Varíe la profundidad  $h$  y mida la presión manométrica  $P_{\text{man}}$  correspondiente. Complete la tabla 4.2.

**Tabla 4.2**

$h$ [m]	$P_{\text{man1}}$ [Pa]	$P_{\text{man2}}$ [Pa]	$P_{\text{man3}}$ [Pa]	$P_{\text{man4}}$ [Pa]	$P_{\text{man5}}$ [Pa]	$\bar{P}_{\text{man}}$ [Pa]
0.02						
0.04						
0.06						
0.08						
0.10						
0.12						

### Nomenclatura

$\bar{P}_{\text{man}}$  : Presión manométrica [Pa].


$h$  : Profundidad [m].

### Actividad 4

Realice el modelo gráfico de la presión manométrica en función de la profundidad del líquido desconocido en reposo, es decir,  $\bar{P}_{\text{man}} = f(h)$ .

### Actividad 5

Obtenga el modelo matemático de la presión manométrica en función de la profundidad en el líquido desconocido en reposo, es decir,  $\bar{P}_{\text{man}} = f(h)$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	32/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 6

Del modelo matemático obtenido, determine el valor de la magnitud del peso específico y de la densidad del fluido, con sus respectivas unidades en el SI.

$$\gamma = \text{_____} [ \quad ]$$

$$\rho = \text{_____} [ \quad ]$$

### Actividad 7

Escuche con atención a su profesor la explicación de la figura 4.2. Con base en el modelo matemático obtenido calcule la presión manométrica y absoluta para una profundidad de 25 [cm]. Considere que la presión atmosférica en la Ciudad de México es de 77144 [Pa].

$$P_{\text{man}} \text{ _____ [Pa]}$$

$$P_{\text{abs}} \text{ _____ [Pa]}$$

*Investigue una aplicación de la presión vacuométrica.*

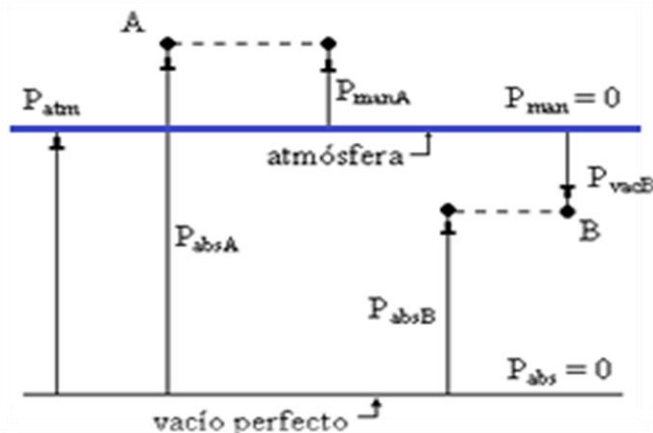



Figura 4.2. Presión manométrica, presión vacuométrica y presión absoluta.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	33/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 5. Cuestionario

1. ¿Cuál es el modelo matemático de la presión manométrica  $P_{\text{man}}$  en función de la profundidad  $h$  obtenido?
2. ¿Cuál es el valor de la magnitud del peso específico  $|\vec{\gamma}|$  y el de la densidad  $\rho$  del líquido empleado? Identifique de qué sustancia se trata.
3. Escriba la ecuación que relaciona a las presiones absoluta, manométrica y atmosférica, en un punto dentro de un fluido en reposo.
4. Escriba la ecuación que relaciona a las presiones absoluta, vacuométrica y atmosférica, en un punto dentro de un fluido en reposo.
5. ¿Existe alguna relación entre el modelo matemático obtenido y la ecuación del gradiente de presión? Justifique su respuesta.
6. ¿Es la presión una propiedad intensiva? Justifique su respuesta.

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	34/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

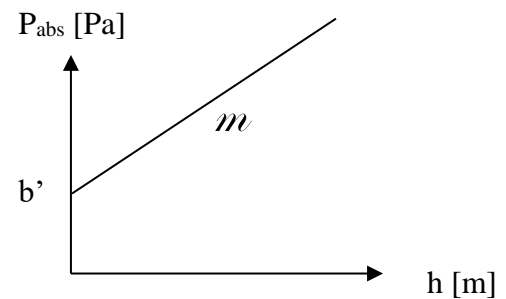
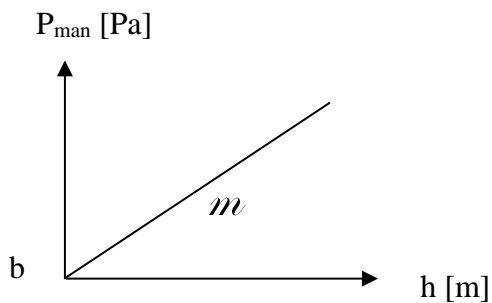
$$P_A - P_B = -\rho |\vec{g}| (h_A - h_B) \text{ [Pa]}.$$

$$|\vec{g}| = 9.78 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right].$$

$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{Hg}} |\vec{g}| h_{\text{bar}} \text{ [Pa]}.$$

$$\rho_{\text{Hg}} = 13600 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right].$$

### Modelos gráficos




### Modelos matemáticos

$$P_{\text{man}}[\text{Pa}] = m \left[ \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right] h [\text{m}] + b [\text{Pa}]$$

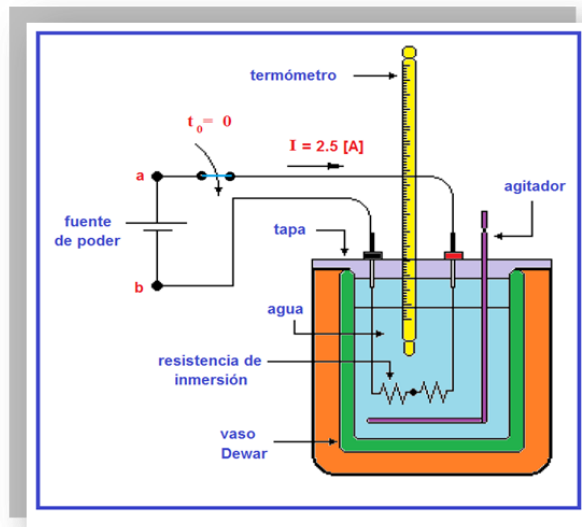
$$P_{\text{abs}}[\text{Pa}] = m \left[ \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right] h [\text{m}] + b' [\text{Pa}]$$


$$m = \frac{dP_{\text{man}}}{dh}$$

$$m = \frac{dP_{\text{abs}}}{dh}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	35/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 5. Algunas propiedades térmicas del agua




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	36/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	La resistencia de inmersión debe estar cubierta de agua.	Si la resistencia se energiza fuera del agua, explota.
2	No agitar el termómetro de inmersión.	La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzo-cortantes e intoxicación.
3	Vaso de precipitados.	Si es manipulado inadecuadamente puede caer y romperse en fragmentos filosos.
4	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras severas.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- a) Obtener los modelos gráficos de la energía en forma de calor suministrado ( $Q_{sum}$ ) en función del incremento de temperatura ( $\Delta T$ ), y de la energía en forma de calor suministrado ( $Q_{sum}$ ) en función de la temperatura ( $T$ ) de la sustancia empleada.
- b) Obtener los modelos matemáticos de la energía en forma de calor suministrado ( $Q_{sum}$ ) a una sustancia en función de la temperatura ( $T$ ) y del incremento de temperatura  $\Delta T$  que la sustancia experimenta.
- c) Calcular la capacidad térmica y la capacidad térmica específica de la masa de agua empleada.
- d) Determinar la temperatura de ebullición del agua en esta ciudad y comprobar que, a presión constante, la temperatura de la sustancia permanece constante durante los cambios de fase.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	37/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material, equipo y sustancias

- parrilla eléctrica
- calorímetro con tapa, agitador y resistencia de inmersión
- vaso de precipitados de 600 [mℓ]
- fuente de poder digital de 0 a 30 [V] DC y de 0 a 5 [A]
- dos cables de conexión de 1 [m]
- termómetro de inmersión
- termómetro digital
- tapón de hule
- cronómetro digital
- balanza de brazo triple
- jeringa de 10 [mℓ]
- 150 [g] de agua

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1


Registre las características estáticas del cronómetro digital. Complete la tabla 5.1.

Tabla 5.1

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

#### Actividad 2

Mida una masa de 150 [g] de agua líquida, suficiente para cubrir totalmente la resistencia de inmersión integrada a la tapa del calorímetro, la cual no se debe energizar si está fuera del líquido. **No olvide ajustar a cero la balanza.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	38/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Arme el dispositivo experimental mostrado en la figura 5.1, sin energizar la fuente de poder, verifique que los dos resistores que forman la resistencia de inmersión estén conectados en serie; es decir uno a continuación del otro.

**La resistencia de inmersión deberá estar dentro del agua, si la resistencia está afuera del agua puede explotar.**

**Utilice el termómetro digital para las mediciones de la temperatura.**

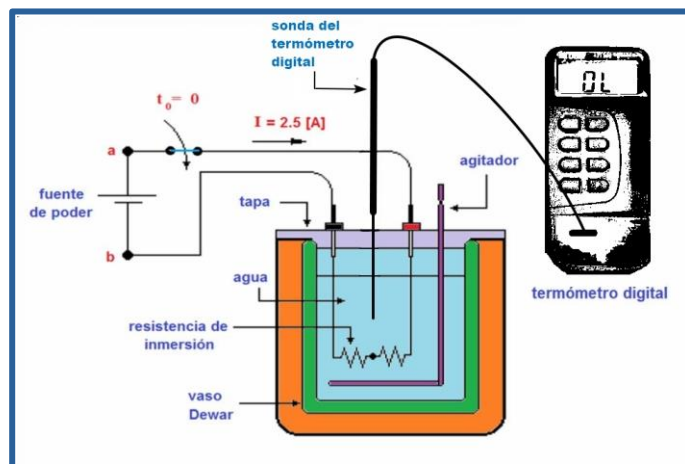



Figura 5.1. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	39/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

Verifique que las dos perillas de la fuente de poder estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, como se muestra en la figura 5.2.



Figura 5.2. Fuente de poder.

Con giros pequeños de ambas perillas de la fuente de poder haga circular una corriente eléctrica de 2.5 [A].

Registre el valor de la diferencia de potencial eléctrica proporcionada por la fuente de poder. Calcule el valor de la potencia eléctrica,  $P$  [W].

Diferencia de potencial eléctrica,  $V_{ab} =$  \_\_\_\_\_ [V].

Potencia eléctrica,  $P = V_{ab} I$ ,  $P =$  \_\_\_\_\_ [W].


#### Actividad 5

Con el agitador del calorímetro, mezcle su contenido para que las propiedades del líquido sean homogéneas.

**Cuando alcance la temperatura de 25 [°C], ésta será la temperatura inicial, active el cronómetro.**

$T_{\text{inicial}} =$  \_\_\_\_\_ [°C]

$T_{\text{inicial}} =$  \_\_\_\_\_ [K]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	40/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Observe que las lecturas del voltímetro y del amperímetro permanecen constantes durante la realización del experimento.

Agite suavemente el contenido del calorímetro durante la realización del experimento.

**Recuerde no detener el cronómetro, su funcionamiento debe ser continuo.**

Considere que el tiempo inicial es:  $t_0 = 0$  [s].

## Actividad 7

Cuando se alcance un incremento de temperatura de 2 [°C] anote el tiempo transcurrido, en la tabla 5.2 y así sucesivamente, hasta alcanzar la temperatura de 35 [°C].

Calcule la energía en forma de calor suministrada  $Q_{\text{sum}} = P t$  [J].

**Tabla 5.2**

T [°C]	$\Delta T$ [°C]	tiempo [s]	$Q_{\text{sum}}$ [J].
$T_0 = 25$	0	0	0
$T_1 = 27$	2		
$T_2 = 29$	4		
$T_3 = 31$	6		
$T_4 = 33$	8		
$T_5 = 35$	10		


## Nomenclatura

T : temperatura absoluta [K].

$\Delta$  : incremento.

t : tiempo [s].

$Q_{\text{sum}}$  : energía en forma de calor suministrada [J].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	41/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 8

Trace el modelo gráfico del calor suministrado en función del incremento de temperatura, es decir:  $Q_{\text{sum}} = f(\Delta T)$ .

### Actividad 9

Obtenga el modelo matemático del calor suministrado en función del incremento de temperatura, es decir:  $Q_{\text{sum}} = f(\Delta T)$ .

### Actividad 10

Del modelo matemático obtenido, determine la capacidad térmica (C) y la capacidad térmica específica (c) con sus respectivas unidades en el SI.

C = \_\_\_\_\_ [ ]      c = \_\_\_\_\_ [ ]

### Actividad 11

Trace el modelo gráfico del calor suministrado en función de la temperatura, es decir:  $Q_{\text{sum}} = f(T)$ .


### Actividad 12

Obtenga el modelo matemático del calor suministrado en función de la temperatura, es decir:  $Q_{\text{sum}} = f(T)$ .

### Actividad 13

Del modelo matemático obtenido, determine la capacidad térmica (C) y la capacidad térmica específica (c) con sus respectivas unidades en el SI.

C = \_\_\_\_\_ [ ]      c = \_\_\_\_\_ [ ]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	42/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 14


**Coloque 150 mL de agua líquida en el vaso de precipitados**, eleve su temperatura empleando la parrilla y deje que el agua alcance su punto de ebullición en esta ciudad. Mida el valor del punto de ebullición del agua con el termómetro de inmersión proporcionado.

temperatura de ebullición = \_\_\_\_\_ [°C]

temperatura de ebullición = \_\_\_\_\_ [K]

## 5. Cuestionario

1. Escriba el modelo matemático del calor suministrado  $Q_{\text{sum}} [\text{J}] = f(\Delta T) [^{\circ}\text{C}]$  para la masa de agua utilizada, indicando las unidades en el SI para cada término.
2. Escriba el modelo matemático del calor suministrado  $Q_{\text{sum}} [\text{J}] = f(T) [^{\circ}\text{C}]$  para la masa de agua utilizada, indicando las unidades en el SI para cada término.
3. ¿Cómo son las pendientes  $m$  y  $m'$  entre sí y cuánto valen? y ¿las ordenadas al origen  $b$  y  $b'$ ? de los modelos matemáticos obtenidos. Justifique sus respuestas.
4. Determinar el porcentaje de exactitud de la capacidad térmica específica del agua líquida obtenida experimentalmente, si se sabe que el valor patrón es  $4186 [\text{J}/\text{kg } ^{\circ}\text{C}]$
5. ¿Cuál es la temperatura de ebullición del agua a la presión atmosférica de la Ciudad de México? Explique su respuesta comparándola con la temperatura de ebullición a nivel del mar.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	43/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$T_i = T_{i-1} + 2^\circ \text{ [}^\circ\text{C]} \text{ para } 1 \leq i \leq 5;$$

$$\Delta T = T_i - T_{\text{inicial}} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\Delta t = t - t_0, \quad \text{para } t_0 = 0 \text{ [s]}$$

$$Q_{\text{sum}} = P t \text{ [J]}$$

$$Q_{\text{sum}} = m c \Delta T = m c (T - T_0) \text{ [J]}$$


$$Q_{\text{sum}} = m c T - m c T_0 \text{ [J]}$$

donde:

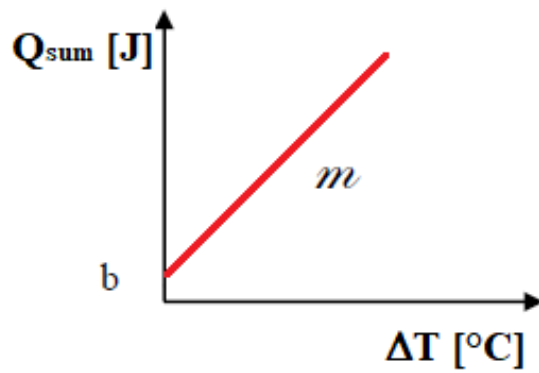
m: masa [kg]

c: capacidad térmica específica  $\left[ \frac{\text{J}}{\text{kg } \Delta^\circ\text{C}} \right]$

C: capacidad térmica o capacidad calorífica  $\left[ \frac{\text{J}}{\Delta^\circ\text{C}} \right]$


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	44/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Modelo gráfico

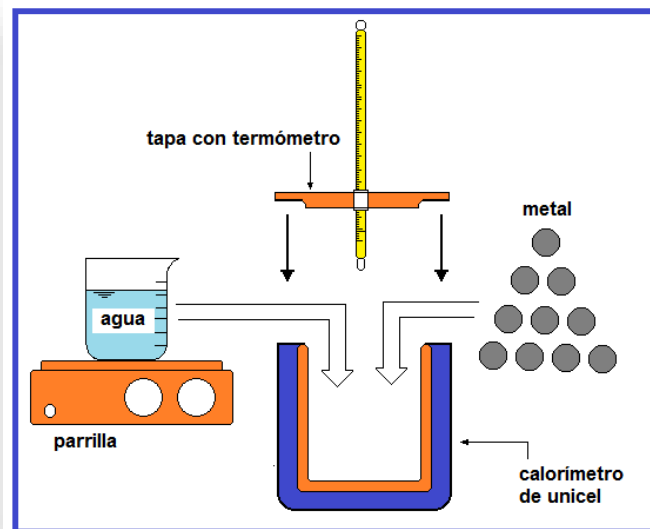



### Modelo matemático

$$Q_{\text{sum}} [\text{J}] = m \left[ \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} \right] \Delta T [^\circ\text{C}] + b [\text{J}]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	45/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 6. Leyes de la Termodinámica




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	46/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras severas.
2	No agitar el termómetro de inmersión.	La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzo-cortantes e intoxicación.
3	Vaso de precipitados.	Si es manipulado inadecuadamente puede caer y romperse en fragmentos filosos.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- a) Verificar el cumplimiento de la ley cero de la Termodinámica.
- b) Determinar en forma experimental la capacidad térmica específica de un metal ( $c_{\text{metal}}$ ) mediante la aplicación de las leyes cero y primera de la Termodinámica.
- c) Constatar la validez de la segunda ley de la Termodinámica a través de la observación de la dirección de los flujos de energía en forma de calor.
- d) Obtener el porcentaje de exactitud del valor experimental de la capacidad térmica específica del metal  $c_{\text{metal}}$  con respecto a un valor patrón de tablas de propiedades.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	47/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

- calorímetro de unicel con tapa únicamente
- vaso de precipitados de 600 [ml]
- vaso de precipitados de 50 [ml]
- balanza con balanzón
- balanza plana
- parrilla eléctrica con agitador
- 80 [g] de agua
- muestra de metal
- termómetro de inmersión
- termómetro digital
- jeringa de 10 [ ml]

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registre las características estáticas del termómetro de inmersión, en la tabla 6.1.

**Tabla 6.1**


Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

#### Actividad 2

Mida la masa del metal disponible ( $m_{\text{metal}}$ ) y determine su temperatura inicial ( $T_{i \text{ metal}}$ ) la cual se sugiere sea la temperatura ambiente. Para esta medición sumerja las monedas en un vaso de precipitados con agua y un minuto después mida la temperatura; ésta será la temperatura inicial del metal. Elimine el agua y seque perfectamente las muestras del metal.

masa del metal ( $m_{\text{metal}}$ ): \_\_\_\_\_ [ kg ]

temperatura inicial del metal ( $T_{i \text{ metal}}$ ): \_\_\_\_\_ [ K ]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	48/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Mide una masa de 80 gramos de agua líquida y con la ayuda de la parrilla eleve su temperatura, vigile la homogeneidad de esta propiedad agitando ligeramente el contenido del recipiente hasta alcanzar los 40 [°C]; retire de inmediato el recipiente de la parrilla, vierta el agua al calorímetro y verifique la temperatura inicial del agua.

Coloque con mucha precaución la muestra de metal en el calorímetro y tápelo perfectamente, como se muestra en la figura 6.1; agite suavemente el calorímetro con las manos para conseguir homogeneidad.

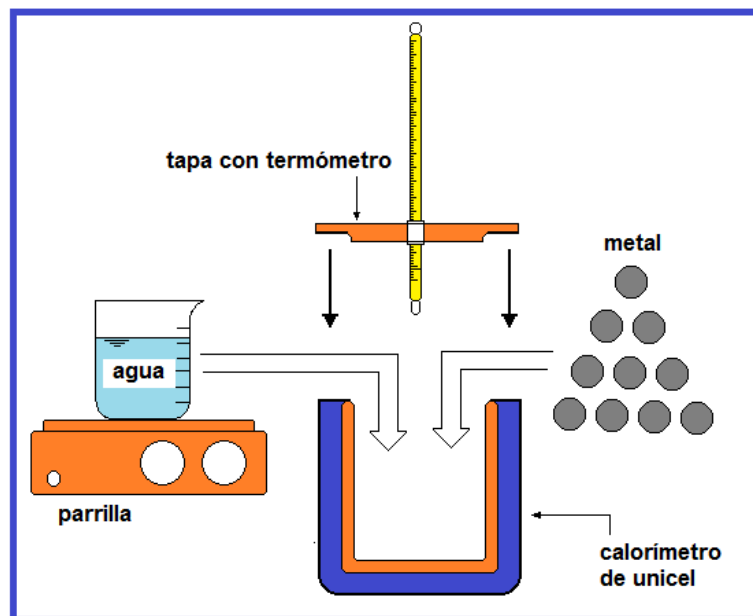



Figura 6.1. Dispositivo experimental.

### Actividad 4

Mida la temperatura de equilibrio de la mezcla ( $T_{eq}$ ) después de cuatro minutos y registre este valor.

temperatura de equilibrio de la mezcla ( $T_{eq}$ ): \_\_\_\_\_ [K]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	49/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 5

Explique la ley cero y primera ley de la Termodinámica para sistemas termodinámicos estacionarios y aislados.

### Actividad 6

Aplique la primera ley de la Termodinámica para determinar la capacidad térmica específica del metal empleado.

capacidad térmica específica del metal ( $c_{\text{metal}}$ ): \_\_\_\_\_ [   ]

### Actividad 7

Con las mediciones obtenidas durante el experimento, llene la tabla 6.2.

**Tabla 6.2**


$m_{\text{agua}}$ [kg]	$m_{\text{metal}}$ [kg]	$C_{\text{agua}}$ [J/(kg·ΔK)]	$T_{i \text{ agua}}$ [K]	$T_{i \text{ metal}}$ [K]	$T_{\text{eq}}$ [K]	$C_{\text{metal}}$ [J/(kg·ΔK)]
		4186				

### Actividad 8

Obtenga el porcentaje de exactitud del valor experimental de la capacidad térmica específica del metal  $c_{\text{metal}}$  considerando que el valor patrón del metal utilizado es 450 [J/(kg·ΔK)].

% Exactitud (%E) = \_\_\_\_\_

**Nota:** Si su porcentaje de error de exactitud resultó mayor que 15%, se recomienda repetir el experimento.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	50/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 5. Cuestionario

1. ¿Qué expresa la ley cero de la Termodinámica y cómo se puede verificar su cumplimiento?
2. ¿Cuál fue el valor de la capacidad térmica específica del metal empleado?
3. ¿Qué expresa la primera ley de la Termodinámica y cómo se puede verificar su cumplimiento?
4. ¿Qué expresa la segunda ley de la Termodinámica y cómo se puede verificar su cumplimiento?
5. ¿Cuál fue el porcentaje de exactitud en el valor experimental de  $C_{\text{metal}}$ ?

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	51/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$Q = m c ( T - T_0 ) [J]$$

$$\Sigma Q + \Sigma W = \Delta E [J]$$

donde:

$$\Delta E = \Delta EC + \Delta EP + \Delta U [J]$$

### Para un sistema estacionario

$$\Delta EC = 0 \quad \text{y} \quad \Delta EP = 0$$

### Para un sistema aislado

$$\Delta U = 0; \text{ y como } \Sigma W = 0.$$

Se concluye que  $\Sigma Q = 0$  en el interior del calorímetro.


### Con la conclusión anterior:

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{metal}} = 0$$

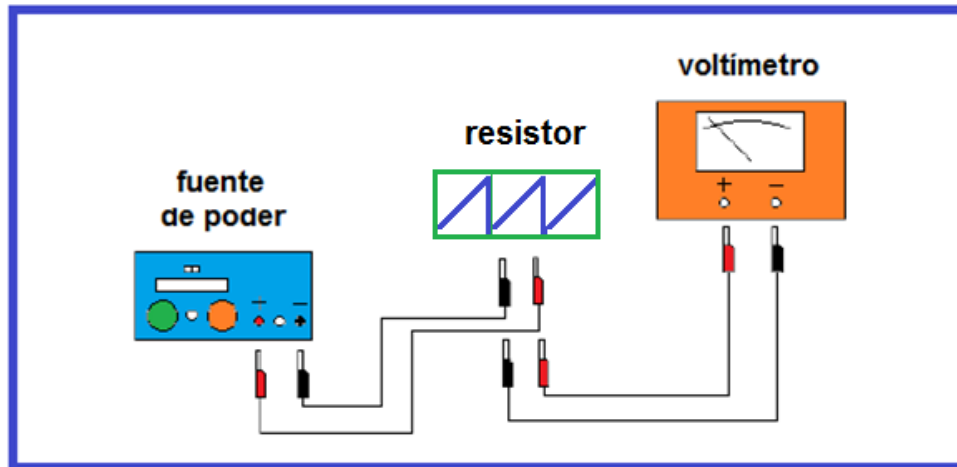
Por lo tanto:


$$m_{\text{agua}} c_{\text{agua}} (T_{\text{eq}} - T_{i-\text{agua}}) + m_{\text{metal}} c_{\text{metal}} (T_{\text{eq}} - T_{i-\text{metal}}) = 0$$

que se puede emplear para calcular  $c_{\text{metal}}$  en el experiment

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	52/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 7. Carga y corriente eléctrica



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	53/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cuidado al manejar la barra de vidrio	Se puede romper por su fragilidad y producir heridas.

## 2. Objetivos de aprendizaje


- a) Verificar e identificar los tipos de carga eléctrica que existen, aplicando la convención de Benjamín Franklin.
- b) Obtener los modelos gráfico y matemático de la diferencia de potencial  $V_{ab}$  entre los extremos de un resistor en función de la corriente eléctrica que circula por dicho elemento.
- c) Obtener el porcentaje de exactitud en el valor experimental del resistor empleado tomando como valor patrón el dado por el fabricante.

## 3. Material y equipo

- fuente de poder de 0 a 30 [V] CD con amperímetro digital integrado
- voltímetro analógico de 0 a 50 [V] CD
- cuatro cables de conexión
- resistor de alambre de 220 [ohm]
- dos bases de soporte universal
- dos varillas de 1 [m]
- tira de polietileno
- cordón de 60 [cm]
- cuatro barras cilíndricas: vidrio, ebonita, PVC y acrílico
- tres frotadores: piel de conejo, seda y franela

### Para el profesor (a):

- generador Van de Graaff
- muestreador
- electroscopio

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	54/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

Arme los dos soportes universales (base y varilla), colocarlos aproximadamente a un metro de distancia entre ellos y atar el cordón en ambas varillas para que éste quede horizontal.

### Actividad 2

Extienda la tira de polietileno sobre la mesa y frotarla varias veces con la franela. Cuelgue la tira de polietileno de manera tal que las caras frotadas queden frente a frente como se indica en la figura 7.1.

Observe la repulsión entre las caras de la tira. Este dispositivo experimental constituye un electroscopio.

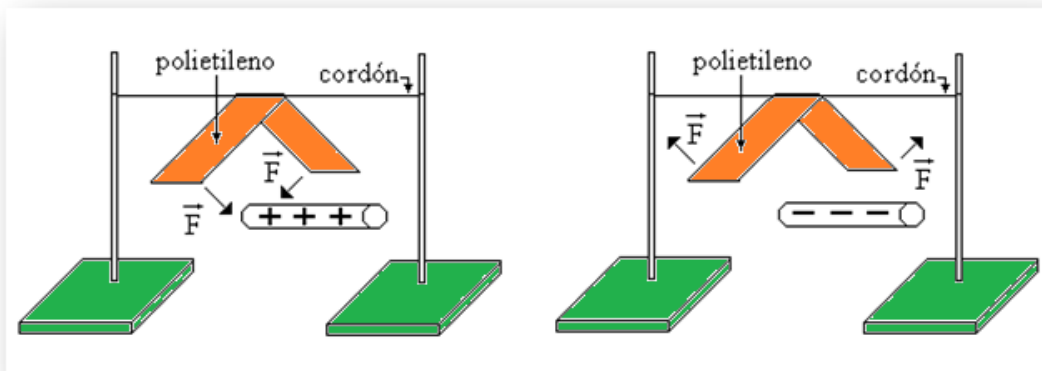



Figura 7.1. Electroscopio.

### Actividad 3

Frote aproximadamente un tercio de la longitud de la barra de hule (ebonita) con la piel (de conejo), en el extremo opuesto al que sirve para sujetarla.

Acerque la barra por la parte inferior a la tira de polietileno, sin tocarla y observe el efecto en los extremos de la tira.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	55/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

Aplice la convención de Benjamín Franklin e inferir el tipo de carga de la tira de polietileno ya que la barra de ebonita tiene carga eléctrica negativa después de haber sido frotada con la piel.

#### Actividad 5

Frote cada barra con cada uno de los materiales disponibles, acerque la barra con carga eléctrica a los extremos de la tira de polietileno e inferir el signo de la carga de la barra; registrar los resultados en la tabla 7.1.


**Tabla 7.1**

frotador	acrílico	ebonita	vidrio	PVC
franela				
piel		-		
seda			+	

**Nota:** Anotar (+ o -) según sea la carga eléctrica de la barra después de frotarse con cada material.

#### Actividad 6

Escuche con mucha atención la explicación de su profesor(a) acerca del funcionamiento del Generador Van de Graaff, así como de las diferentes maneras de cargar y descargar eléctricamente los cuerpos.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	56/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 7

Identifique las características estáticas del voltímetro analógico. Llene la tabla 7.2.

**Tabla 7.2**

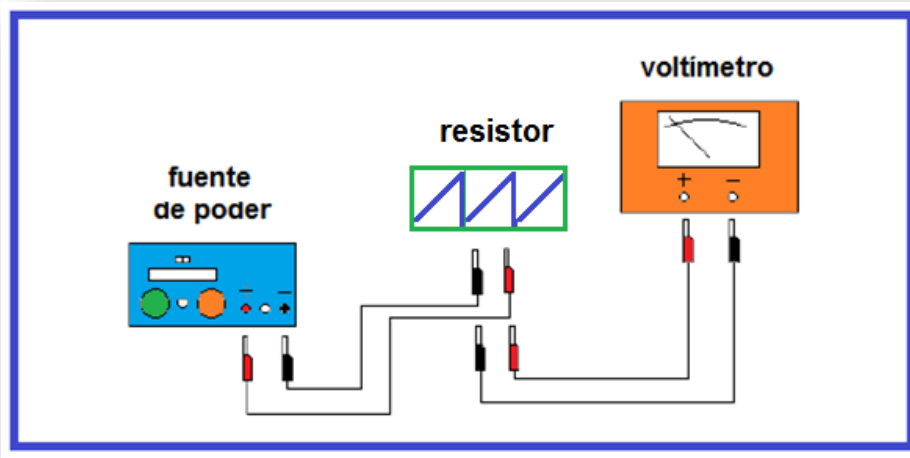
Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

## Actividad 8


Sin energizar la fuente de poder, arme el circuito de la figura 7.2.

Verifique que ambas perillas de la fuente de poder estén giradas totalmente en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (es decir, a la izquierda).

Recuerde que el voltímetro analógico y la fuente de poder si tienen polaridad, ver figura 7.3.



**Figura 7.2** Diagrama de las conexiones para medir la diferencia de potencial.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	57/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

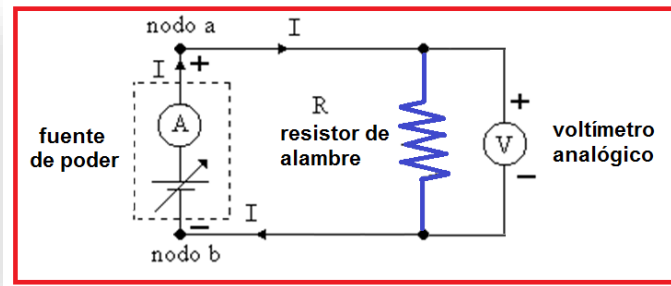


Figura 7.3 Esquema de conexiones.

### Actividad 9


Encienda la fuente de poder y con giros pequeños de ambas perillas de la fuente de poder, gradúe la corriente eléctrica  $I$ .

Varíe el valor de corriente eléctrica y registre el valor de la diferencia de potencial  $V_{ab}$  medido con el voltímetro analógico.

Realice las mediciones de corriente y voltaje, de manera creciente y decreciente, es decir, en forma de zig-zag. Llene la tabla 7.3.

Tabla 7.3

$I$ [A]	$V_{ab1}$ [V]	$V_{ab2}$ [V]	$V_{ab3}$ [V]	$V_{ab4}$ [V]	$\overline{V}_{ab}$ [V]
0.02					
0.04					
0.06					
0.08					
0.10					
0.12					

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	58/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 10

Para cada valor de corriente eléctrica, calcule la desviación estándar y la incertidumbre. Complete la tabla 7.4.

**Tabla 7.4**

I [A]	$\bar{V}_{ab}$ [V]	$S_v$ [V]	$\bar{V}_{ab} \pm \Delta V_{ab}$ [V]
0.02			
0.04			
0.06			
0.08			
0.10			
0.12			

### Nomenclatura

$\bar{V}_{ab}$  : Diferencia de potencial promedio [V].


$\Delta V_{ab}$ : incertidumbre de la diferencia de potencial [V].

### Actividad 11

Trace el modelo gráfico de la diferencia de potencial  $\bar{V}_{ab}$  en función de la intensidad de corriente eléctrica **I**.

### Actividad 12

Obtenga el modelo matemático de la diferencia de potencial  $\bar{V}_{ab}$  en función de la intensidad de corriente eléctrica **I**.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	59/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 5. Cuestionario

1. ¿Cuántos y cuáles tipos de carga eléctrica existen? explique cada uno de acuerdo con los electrones que posee.
2. ¿Qué tipo de cantidad física (escalar o vectorial) es la carga eléctrica y qué expresa el principio de conservación de la carga?
3. ¿Cuál es el modelo matemático de la diferencia de potencial  $V_{ab}$  en función de la corriente eléctrica en el resistor utilizado?
4. ¿Cuál es el valor del resistor empleado, con base en el modelo matemático del inciso anterior?
5. ¿Qué porcentaje de exactitud tuvo el valor experimental del resistor empleado?

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	60/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

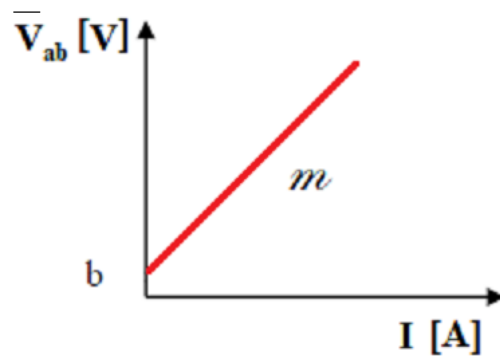
## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$\bar{V}_{ab} [V] = R I [V] \quad i [A] = \left[ \frac{dq}{dt} \right] \left[ \frac{C}{s} \right] \quad q_{electrón} [C] = -1.6022 \times 10^{-19} [C]$$


$$S_v = \pm \left[ \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{v} - v_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \Delta V_{ab} = \frac{\pm S_v}{\sqrt{n}}$$

### Modelo gráfico

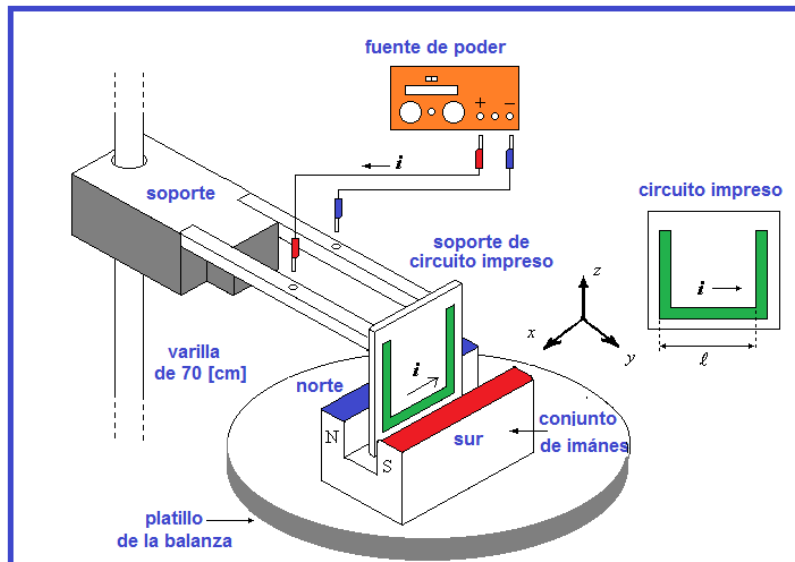



### Modelo matemático

$$\bar{V}_{ab} [V] = m \left[ \frac{V}{A} \right] I [A] + b [V]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	61/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 8. Fuerza magnética sobre un conductor



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	62/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Calibrador con vernier	Tiene partes filosas y puntiagudas, por lo que debe manipularse con cuidado.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- a) Obtener los modelos gráfico y matemático de la fuerza de origen magnético, ( $\vec{F}_m$ ), que experimenta un conductor recto de longitud ( $\vec{l}$ ), dentro de un campo magnético ( $\vec{B}$ ), en función de la corriente eléctrica ( $I$ ) en dicho conductor.
- b) Analizar y determinar el significado físico de la pendiente del modelo matemático obtenido, cuando se mantienen constantes la longitud  $\vec{l}$  del conductor, el campo magnético  $\vec{B}$  y el ángulo entre los vectores  $\vec{l}$  y  $\vec{B}$ .
- c) Determinar el módulo del campo magnético del conjunto de imanes empleado, a partir de la pendiente del modelo matemático.
- d) Determinar la exactitud del valor experimental del campo magnético.

## 3. Material y equipo

- fuente de poder de 0 a 10 [V] y de 10 [A]
- dos cables de conexión de 1 [m] cada uno
- circuito impreso SF42
- conjunto de imanes permanentes
- soporte de circuito impreso
- varilla de 70 [cm]
- base de soporte universal
- balanza con vernier
- calibrador con vernier
- caja de madera

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	63/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Equipo para el profesor (a)

- teslámetro digital con punta de prueba transversal

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

Identifique las características estáticas de la balanza con vernier. Llene la tabla 8.1.

Tabla 8.1

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2

Verifique el **ajuste a cero** de la balanza. Observe que esta balanza nos permite realizar lecturas hasta con centésimas de gramo utilizando el vernier circular que tiene integrado y que se lee en forma análoga al calibrador vernier, como se indica en la figura 8.1.

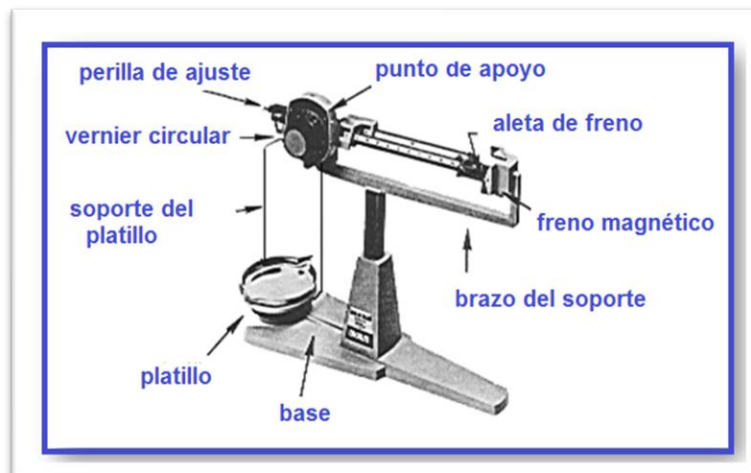



Figura 8.1 Partes de la balanza.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	64/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Mida la masa real del conjunto de imanes ( $m_0$ ), sin energizar la fuente de poder.

### Actividad 4

Mida la longitud del circuito impreso, **verifique si la tableta tiene circuito impreso en ambos lados** y determine la longitud total. Ver figura 8.2.

### circuito impreso

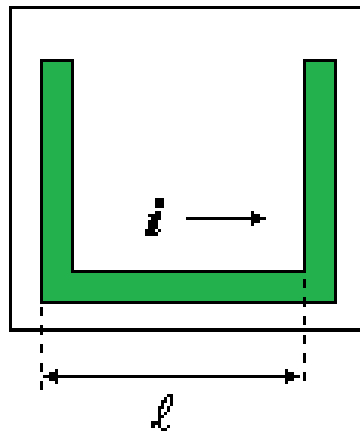



Figura 8.2. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	65/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 5

Arme el dispositivo experimental mostrado en la figura 8.3, **sin energizar la fuente de poder**, gire ambas perillas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (hacia la izquierda).

Coloque la tableta del circuito impreso paralela a los polos del imán pero sin que se toquen o rocen en punto alguno.

Registre el valor de la masa inicial  $m_0$  cuando la corriente eléctrica corresponde a  $I = 0$  [A].

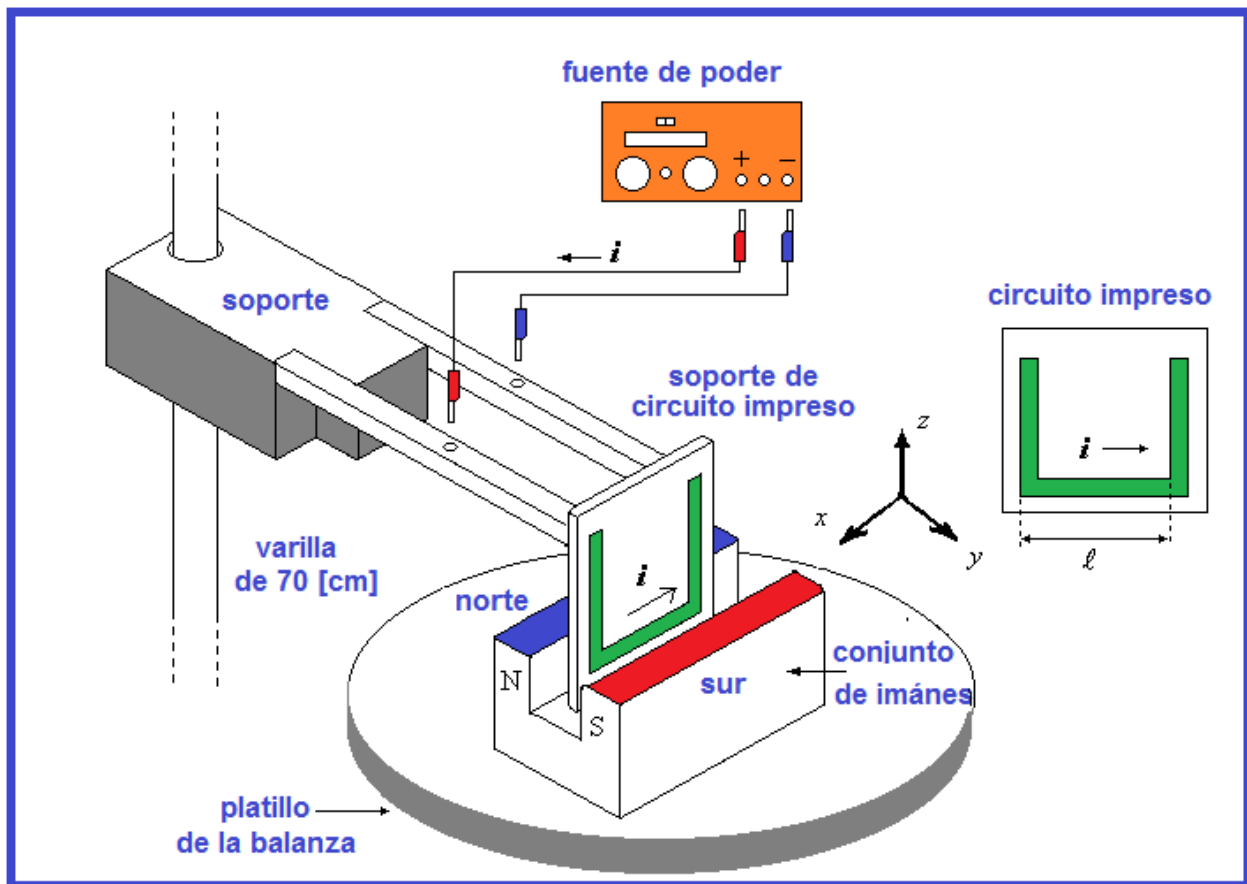



Figura 8.3. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	66/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Encienda la fuente y con giros pequeños de ambas perillas de la fuente de poder, haga circular una corriente eléctrica de 0.5 [A] y registre el valor de la masa del imán indicado por la balanza. Complete la tabla 8.2.

Vigile durante todo el proceso de variación de la corriente eléctrica, **el circuito impreso se conserve paralelo a las caras del imán sin tocarlo ni rozarlo** dejando siempre al imán en posibilidad de moverse.

**Tabla 8.2**


I [A]	masa leída [kg]	$\Delta m =  m_i - m_0 $ [kg]
0	$m_0 =$	
0.5	$m_1 =$	
1.0	$m_2 =$	
1.5	$m_3 =$	
2.0	$m_4 =$	
2.5	$m_5 =$	

## Nomenclatura

$m_0$  : masa real de los imanes [kg].

$m_i$  : masa leída [kg],  $1 \leq i \leq 5$

$\Delta m$  : variaciones aparentes de la masa del imán [kg].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	67/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 7

Calcule la fuerza de origen magnético que actúa sobre el imán debido a la intensidad de corriente eléctrica que circula por el conductor recto del circuito impreso.

Aplice la tercera ley de Newton, el conductor del circuito impreso experimenta una fuerza debida al imán con la misma magnitud de la que actúa sobre el imán debida al conductor pero con dirección opuesta, ambas verticales en este caso. Llene la tabla 8.3.

**Tabla 8.3**

I [A]	$\Delta m = m_{\text{inicial}} - m_{\text{leída}}$	$ \vec{F}_m  = (\Delta m g)$ [N]
0		
0.5		
1.0		
1.5		
2.0		
2.5		

### Nomenclatura

$|\vec{g}|$  : módulo de la aceleración gravitatoria local 9.78 [m/s<sup>2</sup>].

I : Intensidad de corriente eléctrica [A].


$|\vec{F}_m|$  : módulo de la Fuerza de origen magnético [N].

### Actividad 8

Realice el modelo gráfico del módulo de la fuerza de origen magnético,  $|\vec{F}_m|$ , en función de la corriente eléctrica, **I**.

### Actividad 9

Obtenga el modelo matemático del módulo de la fuerza de origen magnético,  $|\vec{F}_m|$ , en función de la corriente eléctrica, **I**.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	68/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 10


Con ayuda del profesor, mida el valor del campo magnético del imán empleando el teslámetro.

campo magnético medido (B) = \_\_\_\_\_ [ ]

## 5. Cuestionario

1. ¿Cuál es el modelo matemático del módulo de la fuerza magnética  $|\vec{F}_m|$ , en función de la corriente eléctrica,  $I$ , en el conductor?
2. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente del modelo matemático del inciso anterior?
3. ¿Qué valor experimental tiene el campo magnético del imán empleado? con base en la pendiente del modelo del inciso 1.
4. ¿Qué porcentaje de exactitud tiene el valor del campo magnético experimental, si se toma como valor patrón el campo magnético medido con el teslámetro?
5. ¿Para qué valor del ángulo  $\alpha$  se tiene la fuerza magnética máxima sobre el conductor? ¿y qué valor del ángulo  $\alpha$  se tiene la fuerza mínima?

## 6. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	69/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

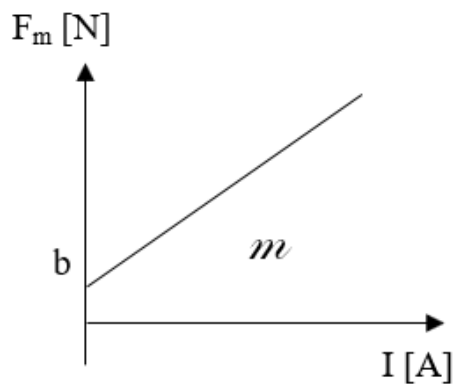
## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$\vec{F} = I \vec{\ell} \times \vec{B}; \quad |\vec{F}| = I |\vec{\ell}| |\vec{B}| \operatorname{sen}\alpha;$$


donde  $\alpha$  es el ángulo entre los vectores  $\vec{\ell}$  y  $\vec{B}$ .

### Modelo gráfico

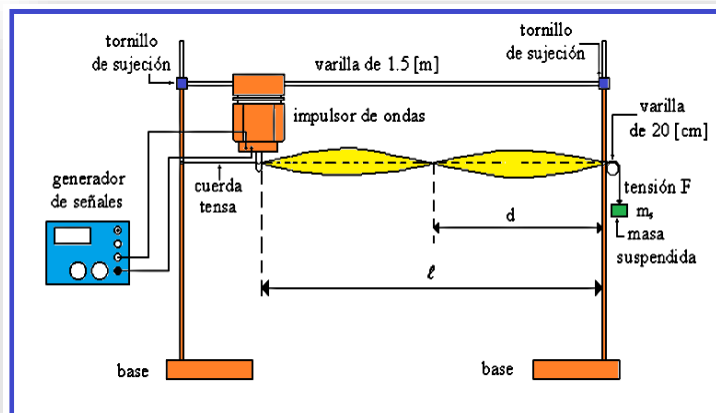



### Modelo matemático

$$F_m \text{ [N]} = m \left[ \frac{\text{N}}{\text{A}} \right] I \text{ [A]} + b \text{ [N]}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	70/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 9. Movimiento ondulatorio




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	71/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Base universal	Mal colocada, puede caerse de la mesa y provocar una lesión.
2	Impulsor de ondas	Se puede dañar si no se quita el seguro ( <i>unlock</i> ) antes de que esté en funcionamiento.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Identificar y determinar el periodo ( $\tau$ ), la amplitud (**A**), la frecuencia (**f**) y la longitud de onda ( $\lambda$ ) en una onda armónica.
- Conocer y observar las ondas estacionarias y los diferentes modos de vibración.
- Obtener los modelos gráficos de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función de la frecuencia (**f**) y de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función del periodo ( $\tau$ ).
- Obtener el modelo matemático de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función del periodo ( $\tau$ ) en el movimiento ondulatorio observado.
- Determinar la rapidez de propagación (**v**), de las ondas en una cuerda con una tensión (**F**) aplicada.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	72/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

- generador de señales
- dos cables banana-banana de 1 [m] de longitud
- dos bases universales
- dos varillas de 1 [m]
- varilla de 1.5 [m]
- varilla de 20 [cm]
- balanza
- impulsor de ondas
- tres tornillos de sujeción
- cuerda de longitud  $\geq 2$  [m]
- masa de 100 [g]
- dos masas de 50 [g]
- flexómetro

#### Equipo para el profesor (a)

- lámpara de luz estroboscópica


### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registre las características estáticas de la balanza. Llene la tabla 9.1.

**Tabla 9.1**

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	73/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Arme el dispositivo experimental mostrado en la figura 9.1, sin encender el generador de señales; quite el seguro que impide el movimiento del impulsor de ondas (deslizando la palanca a la posición que dice *unlock*).

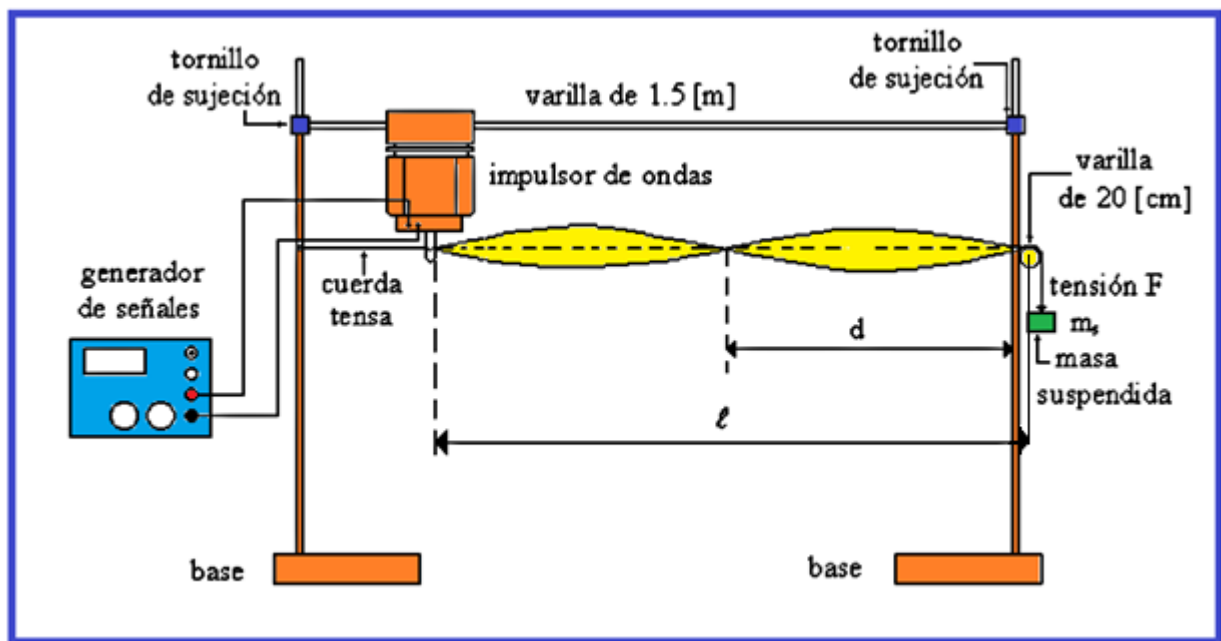



Figura 9.1. Dispositivo experimental.

## Actividad 3

Coloque la varilla de 1.5 [m] a una altura mayor que 40 [cm] de la mesa y se sugiere que la longitud  $l$  mostrada sea de un metro, con lo cual la distancia entre las varillas verticales se podrá fijar en aproximadamente 1.10 [m]. Mida la masa y la longitud de la cuerda.

masa de la cuerda: \_\_\_\_\_ [ ]      longitud de la cuerda: \_\_\_\_\_ [ ]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	74/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

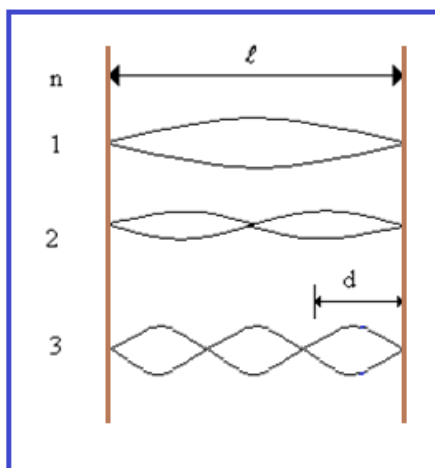
Sujete la cuerda en la varilla más cercana al impulsor de ondas y pasarla a través de la ranura de este último. En la otra varilla vertical colocar perpendicularmente la barra de 20 [cm] que se empleará como polea, dejando descansar la cuerda sobre ella. Cuelgue las masas proporcionadas y el valor total de éstas será la masa suspendida ( $m_{\text{suspendida}}$ ), la cual originará la tensión ( $F = m_{\text{suspendida}} g_{\text{CDMX}}$ ) en la cuerda.

masa suspendida ( $m_{\text{suspendida}}$ ): \_\_\_\_\_ [ ] tensión en la cuerda (F): \_\_\_\_\_ [ ]

#### Actividad 5

Energice el generador de señales cuidando que la amplitud de la señal sea mínima y disminuya el valor de su frecuencia hasta 2 [Hz].

Con giros suaves aumentar la frecuencia de la señal que recibe el impulsor de ondas, hasta que en la cuerda se produzca el modo de vibración  $n = 1$ , de ondas estacionarias, que se reconoce por formarse un solo lóbulo de longitud  $\ell$  (media onda) entre los dos nodos, siendo éstos los puntos inmóviles de la cuerda, como se indica en la figura 9.2.




donde:

$n$ : número de modos de vibración

$\ell$ : distancia entre apoyos

$d$ : distancia entre nodos

Figura 9.2. Modos de vibración ( $n$ ) de ondas estacionarias.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	75/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 6

Aumente la amplitud de la señal del generador para observar mejor el modo de vibración de la cuerda y registre el valor de la frecuencia en la tabla 9.2.

Aumente lenta y suavemente la frecuencia hasta encontrar el segundo modo de vibración ( $n = 2$ ), registre el valor de la frecuencia y de la distancia ( $d$ ) entre dos nodos consecutivos. Repita el procedimiento hasta el modo de vibración 6.

Determine el valor de la longitud de onda,  $\lambda$  [m], observando que  $\lambda = 2d$ . A partir de los valores de frecuencia registrados determine el período,  $\tau$  para cada modo de vibración.

**Tabla 9.2**


modo de vibración (n)	f [Hz]	d [m]	$\lambda=2d$ [m]	$\tau= 1/f$ [s]
1				
2				
3				
4				
5				
6				

### Actividad 7

Realice la gráfica de la longitud de onda en función de la frecuencia:  $\lambda = f(f)$ .

### Actividad 8

Obtenga el modelo gráfico de la longitud de onda en función del período, es decir:  $\lambda = f(\tau)$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	76/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 9

Obtenga el modelo matemático de la longitud de onda en función del período, es decir:

$$\lambda = f(\tau).$$


## 5. Cuestionario

1. ¿Qué tipo de curva resulta la gráfica longitud de onda ( $\lambda$ ) en función de la frecuencia (**f**)?
2. ¿Cuál es el modelo matemático obtenido de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función del período ( $\tau$ )?
3. ¿Cuál es la rapidez de propagación experimental de las ondas, con base en el modelo del inciso anterior?
4. ¿Cuál es el valor teórico de la rapidez de propagación de las ondas, de acuerdo con la tensión en la cuerda y su densidad lineal?
5. ¿Cuál es la exactitud del valor experimental de la rapidez de propagación de las ondas si se toma al valor de la pregunta anterior como valor patrón?

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	77/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

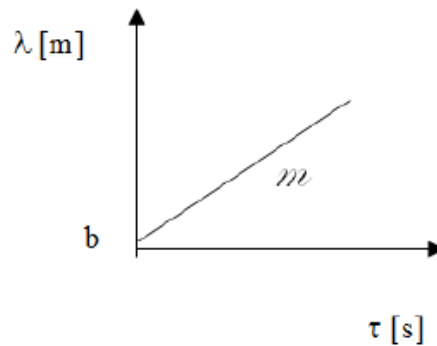
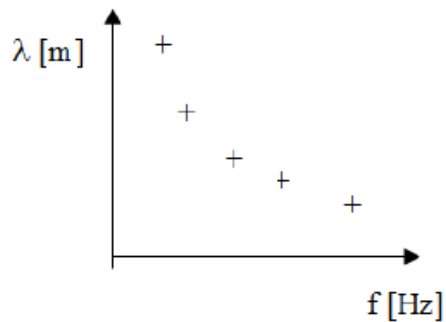
## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$f = \frac{1}{\tau} ; \quad \lambda = \frac{2\ell}{n} ; \quad |\vec{F}| = m_s |\vec{g}| ; \quad \mu = \frac{m_{\text{cuerda}}}{\ell_{\text{cuerda}}} ; \quad v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} ;$$

$$v = f \lambda ; \quad |\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]} \quad \mu = \text{densidad lineal de la cuerda;}$$

### Modelos gráficos




### Modelo matemático

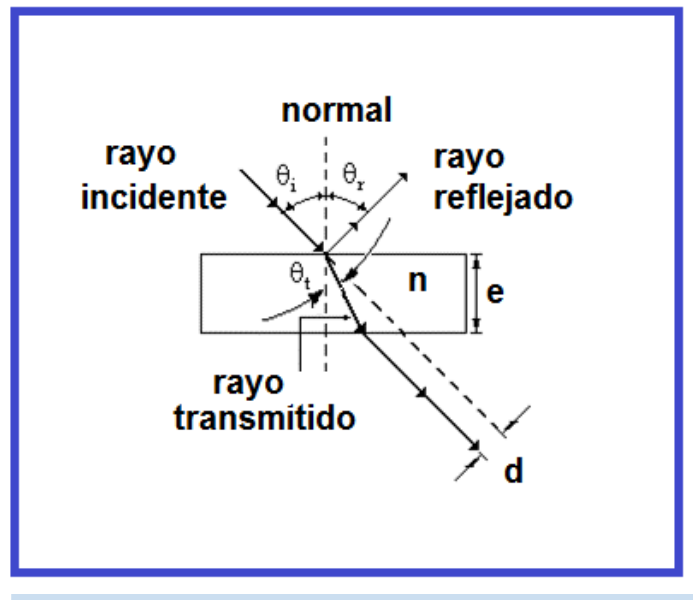
$$\lambda \text{ [m]} = m \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \tau \text{ [s]} + b \text{ [m]}$$


para  $\tau > 0$

$$m = \frac{d\lambda}{d\tau} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	78/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 10. Reflexión y refracción (transmisión) de la luz




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	79/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Láser	No debe de verse directamente, ya que causa lesiones permanentes en el ojo.
2	Banco óptico	Mal colocado en la mesa puede caer y causar lesiones.
3	Accesorios de vidrio	Si son mal manipulados pueden caer y romperse en fragmentos punzo-cortantes.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- a) Obtener los modelos gráfico y matemático del ángulo de reflexión  $\theta_r$  en función del ángulo de incidencia  $\theta_i$  de un rayo de luz.
- b) Determinar los valores de los ángulos de transmisión  $\theta_t$ , a través de las mediciones de los ángulos de incidencia  $\theta_i$ , el espesor  $e$  de una muestra translúcida de paredes paralelas, y de las desviaciones laterales  $d$  correspondientes.
- c) Obtener los modelos gráfico y matemático del seno del ángulo de transmisión **sen**  $\theta_t$  en función del seno del ángulo de incidencia **sen**  $\theta_i$  en un medio translúcido.
- d) Determinar el índice de refracción de la placa de acrílico empleada con base en el modelo matemático del inciso anterior y conociendo que los índices de transmisión del vacío y del aire son 1.0 y 1.00029, respectivamente.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	80/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

- fuente de láser
- banco óptico
- transportador angular con brazo móvil
- porta-componentes estándar
- porta-componentes especial
- pantalla con escala milimétrica
- espejo de superficie plana
- placa de acrílico
- calibrador con vernier

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registre las características estáticas del transportador angular. Llene la tabla 10.1.


**Tabla 10.1**

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

#### Actividad 2

Sobre el banco óptico, con la escala graduada hacia el frente (color amarillo), coloque la fuente de láser sin encenderla, de manera que su rayo apunte hacia la pared más próxima para evitar incidir en algún compañero del grupo.

Coloque sobre el banco óptico, a 20 [cm] aproximadamente de la fuente de láser, el transportador angular y alinearlos longitudinalmente con el banco, en la dirección  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , como se indica en la figura 10.1.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	81/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

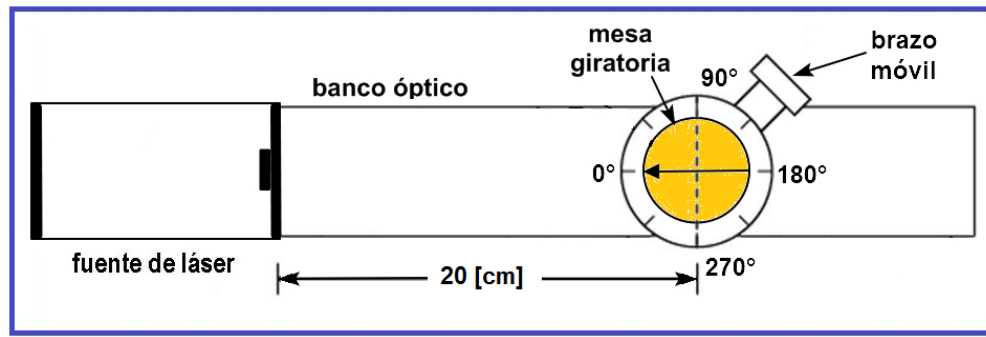


Figura 10.1. Dispositivo experimental.

### Actividad 3

Coloque sobre la mesa giratoria, del transportador angular, el portacomponentes especial (el de menor altura) con el espejo plano adherido. Haga coincidir la línea de dirección  $90^\circ$  y  $270^\circ$  con el plano del espejo, a su vez quedando de frente al láser, como se muestra en la figura 10.2.

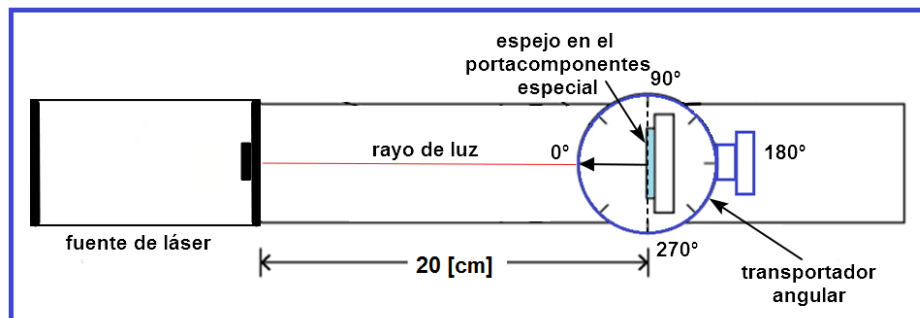



Figura 10.2. Colocación del espejo en el portacomponentes especial.

### Actividad 4

Encienda la fuente de láser y verificar el alineamiento del transportador angular y del espejo; como el rayo de luz incide sobre el espejo con un ángulo de cero grados, determine el ángulo con que se refleja, recordar que los ángulos de incidencia, de reflexión y de transmisión se miden con respecto a la normal de la muestra en el punto de incidencia y que dichos rayos y la normal son coplanares.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	82/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 5

Gire  $10^\circ$  la mesa móvil del transportador, de manera que ahora el ángulo de incidencia  $\theta_i$  sea de  $10^\circ$ , gire el brazo móvil del transportador angular en el cual colocamos la pantalla con escala milimétrica para localizar el rayo reflejado por el espejo. Registre el ángulo de reflexión  $\theta_r$  como se indica en la figura 10.3.

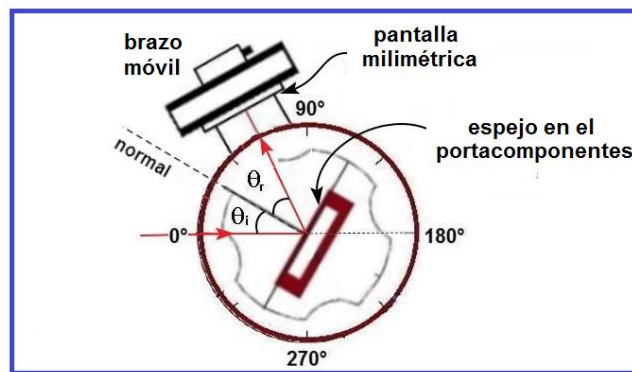



Figura 10.3. Rayo incidente y rayo reflejado.

Varíe el ángulo de incidencia y registre el ángulo de reflexión. Complete la tabla 10.2.

Tabla 10.2

$\theta_{\text{incidencia}} [^\circ]$	$\theta_{\text{reflexión}} [^\circ]$	$\theta_{\text{reflexión}} [\text{rad}]$
30		
40		
50		
60		

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	83/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 6

Con la ayuda del calibrador con vernier, mida el espesor  $e$  del acrílico y registrarlo.

$e =$  \_\_\_\_\_ [mm]

### Actividad 7

Apague la fuente de láser, retirar del banco óptico el porta-componentes especial con el espejo y coloque sobre la mesa giratoria la placa de acrílico, vigile que la cara mayor de la placa próxima al láser quede paralela con la línea  $90^\circ$  y  $270^\circ$  de la mesa giratoria, como se muestra en la figura 10.4.

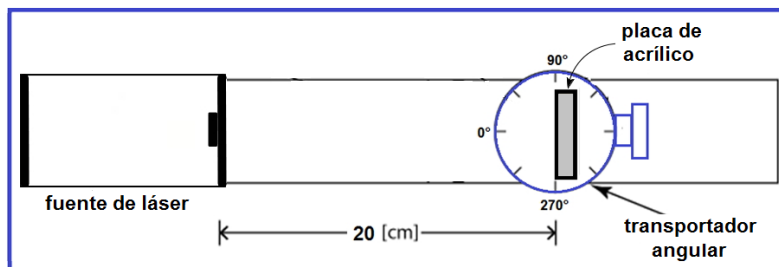


Figura 10.4. Colocación de la placa de acrílico.

### Actividad 8

Gire el brazo móvil del transportador hasta la dirección  $180^\circ$ ; encienda la fuente de láser y centre la pantalla cuando el rayo incide en el dígito 2 de la misma; este número será nuestra referencia para medir las desviaciones laterales  $d$ , como se ve en la figura 10.5.

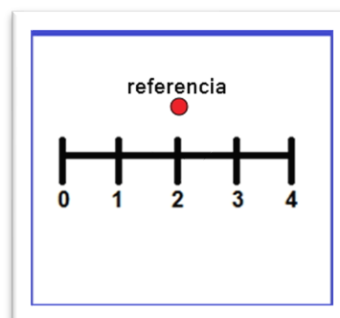



Figura 10.5. Pantalla con escala milimétrica.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	84/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 9

Gire la mesa del transportador angular, de tal forma que el ángulo de incidencia sobre el acrílico sea  $10^\circ$ ; mide la desviación lateral  $d$  que corresponde a dicho ángulo haciendo una estimación lo más exacta posible, como se muestra en la figura 10.6.

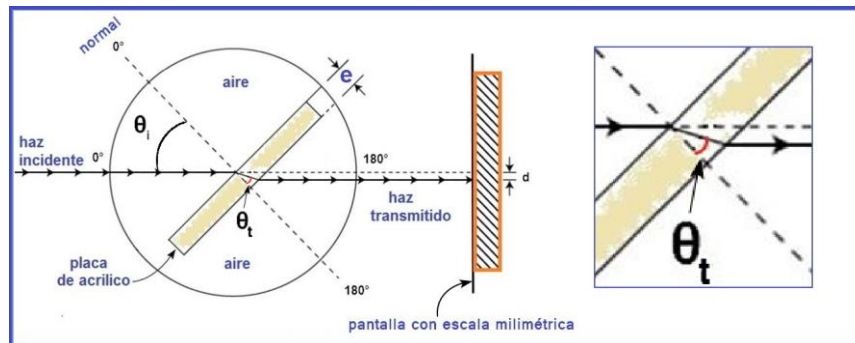



Figura 10.6. Medición de la desviación lateral  $d$ .

### Actividad 10

Para cada ángulo de incidencia registre la desviación lateral  $d$  correspondiente en la tabla 10.3.

Tabla 10.3

$\theta_i$ [°]	$d$ [mm]	$d/e$ [1]	$\text{sen } \theta_i$	$\text{cos } \theta_i$	$\text{tan } \theta_t$	$\theta_t$ [°]	$\text{sen } \theta_t$
20							
25							
30							
35							
40							
45							

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	85/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 11

Realice el modelo gráfico del  $\text{sen } \theta_t$  en función del  $\text{sen } \theta_i$ , es decir:  $\text{sen } \theta_t = f(\text{sen } \theta_i)$ .

### Actividad 12

Obtenga el modelo matemático del  $\text{sen } \theta_t$  en función del  $\text{sen } \theta_i$ , es decir:  
 $\text{sen } \theta_t = f(\text{sen } \theta_i)$ .


## 5. Cuestionario

1. De acuerdo con las mediciones y los modelos gráfico y matemático obtenidos para la reflexión de la luz, ¿cómo puede expresarse la ley de la reflexión?
2. ¿Es importante para la observación y medición de la desviación lateral  $d$ , el espesor  $e$  de la placa traslúcida empleada? Explique.
3. ¿Cuál es el modelo matemático obtenido para el  $\text{sen } \theta_t$  en función del  $\text{sen } \theta_i$ , para el material empleado?
4. Determine el valor experimental del índice de transmisión  $n$  del material de la placa empleado, con base en el modelo matemático del inciso anterior.

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física</b>	Código:	<b>MADO-07</b>
		Versión:	02
		Página	86/86
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

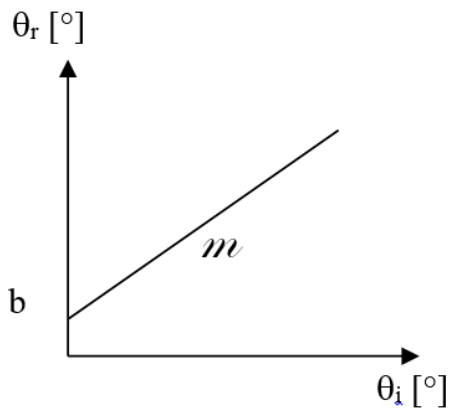
## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

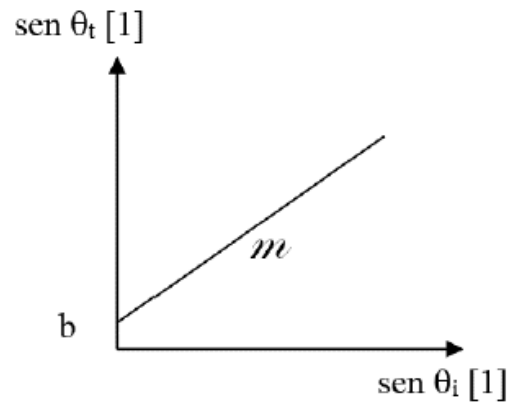
$$\tan \theta_t = \frac{\text{sen} \theta_i - \frac{d}{e}}{\cos \theta_i} ; \quad n_x = \frac{c}{v_x} ; \quad n_i \text{ sen } \theta_i = n_t \text{ sen } \theta_t$$

### Modelos gráficos

#### Reflexión de la Luz



#### Transmisión de la Luz



### Modelos matemáticos

$$\theta_r [^\circ] = m [^\circ/^\circ] \theta_i [^\circ] + b [^\circ]$$

$$\text{sen } \theta_t [1] = m [1] \text{ sen } \theta_i [1] + b [1]$$