

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	1/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Manual de Prácticas de Laboratorio de Fundamentos 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  M en I Juan Carlos Cedeño Vázquez  Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	20 de enero de 2017

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	2/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

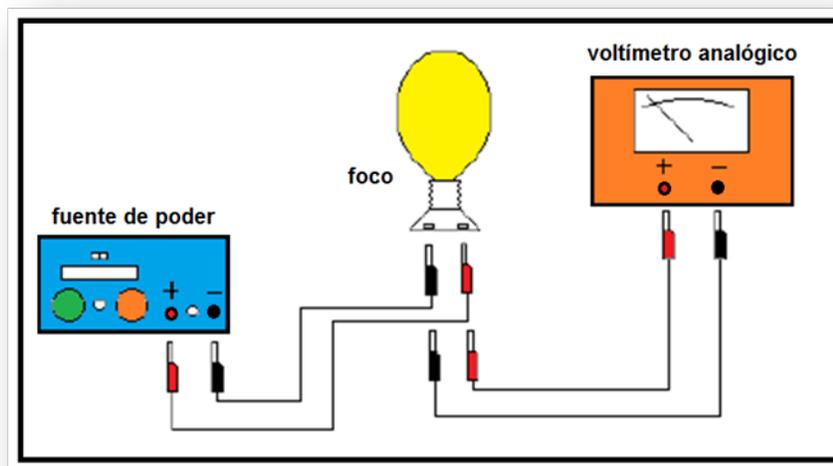
## Contenido

	<b>Páginas</b>
Práctica 1 .....	3
Caracterización de un voltímetro analógico .....	3
Práctica 2 .....	12
Caracterización de un dinamómetro .....	12
Práctica 3 .....	21
Propiedades de las sustancias .....	21
Práctica 4 .....	28
Gradiente de presión .....	28
Práctica 5 .....	38
Algunas propiedades térmicas del agua .....	38
Práctica 6 .....	50
Leyes de la Termodinámica .....	50
Práctica 7 .....	58
Movimiento ondulatorio .....	58

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	3/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 1

## Caracterización de un voltímetro analógico



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	4/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	5/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

fuelle 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  
dos cables de conexión cortos

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Analizar el voltímetro por caracterizar, registrar marca y modelo, e identificar sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad, en su caso, aclarar estos conceptos. Verificar el **ajuste a cero** del voltímetro y, de ser necesario, hacer el ajuste mecánico con el tornillo colocado al centro de la parte inferior de la carátula.

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

#### Actividad 2

Armar el circuito mostrado en la figura 1, sin poner en funcionamiento la fuente de poder y verificar que las perillas de corriente y voltaje estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj ( ⤴ ).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	6/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

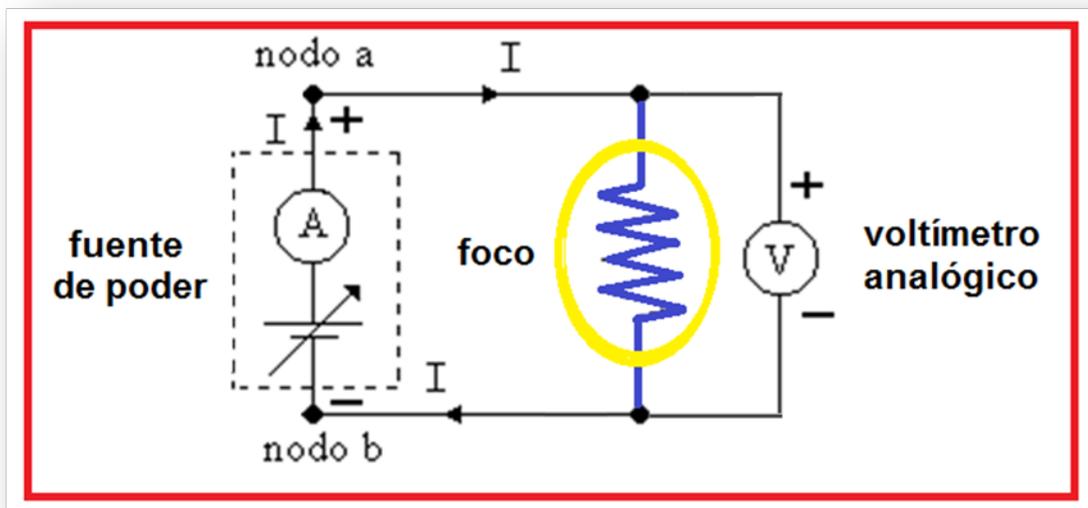
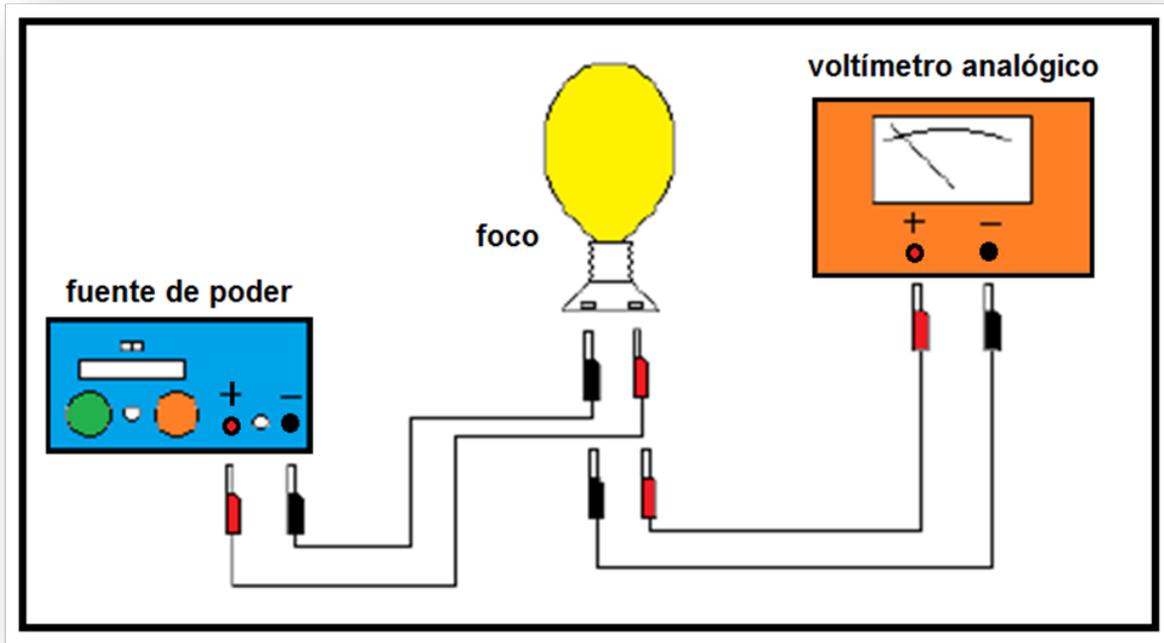


Figura 1. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	7/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Encender la fuente y con giros pequeños de las dos perillas graduar los valores de la diferencia de potencial (voltaje), aplicada al foco, en el circuito; tomar el valor del voltímetro digital como valor patrón y registrar la lectura del voltímetro analógico.

### Actividad 4

Llene la siguiente tabla de mediciones en forma creciente y luego decreciente (zig-zag) hasta completar las cinco columnas.

$V_P$ [V]	$V_{L1}$ [V]	$V_{L2}$ [V]	$V_{L3}$ [V]	$V_{L4}$ [V]	$V_{L5}$ [V]	$\bar{V}_L$ [V]
2.5						
4.5						
6.5						
8.5						
10.5						
12.5						
14.5						

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	8/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 5

Complete la tabla con los cálculos necesarios empleando las expresiones matemáticas proporcionadas.

$V_P$ [V]	$\bar{V}_L$ [V]	% EE	% E	% EP	% P	$\Delta V$ [V]	$\bar{V}_L \pm \Delta V$ [V]
2.5							
4.5							
6.5							
8.5							
10.5							
12.5							
14.5							

#### 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
$\Delta V$	incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado
$\bar{V}_L \pm \Delta V$	valor más representativo con su incertidumbre

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	9/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 FISICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	10/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Expresiones matemáticas

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

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

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

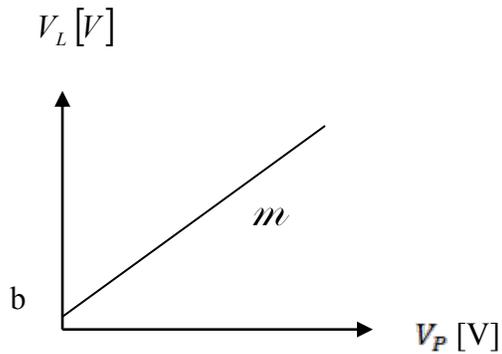
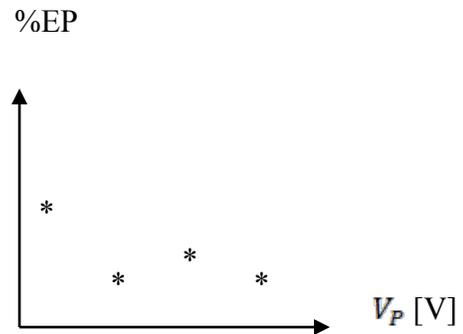
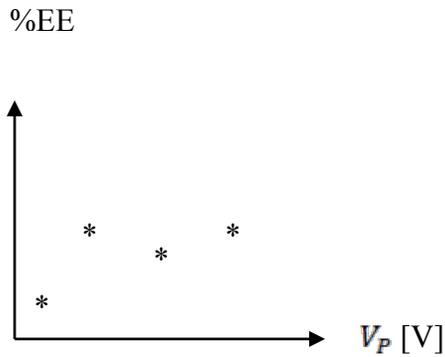
$$S_V = \pm \left[ \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{V}_L - V_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \text{y} \quad \Delta V = S_{mV} = \frac{\pm S_V}{\sqrt{n}} ; \quad [\Delta V]_u = [S_{mV}]_u = [S_V]_u$$

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

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	11/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Modelos gráficos

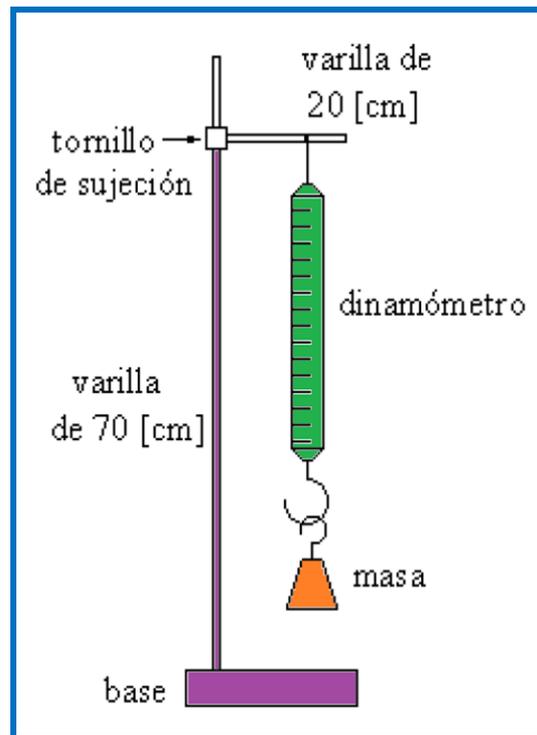


$$V_L [V] = m V_P [V] + b$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	12/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	13/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 y la exactitud del dinamómetro para cada valor patrón.
- c) Determinar el error de precisión y la precisión 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.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	14/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

dinamómetro de 0 a 10 [N]  
 dos masas 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

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Analizar el dinamómetro por caracterizar, registrar marca y modelo, e identificar sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad. Llenar la siguiente tabla.

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

#### Actividad 2

Verificar 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 ésto apretar la tuerca superior para asegurar el **ajuste a cero**.

Colocar el dinamómetro en el soporte universal para realizar las mediciones, ver figura 1.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	15/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

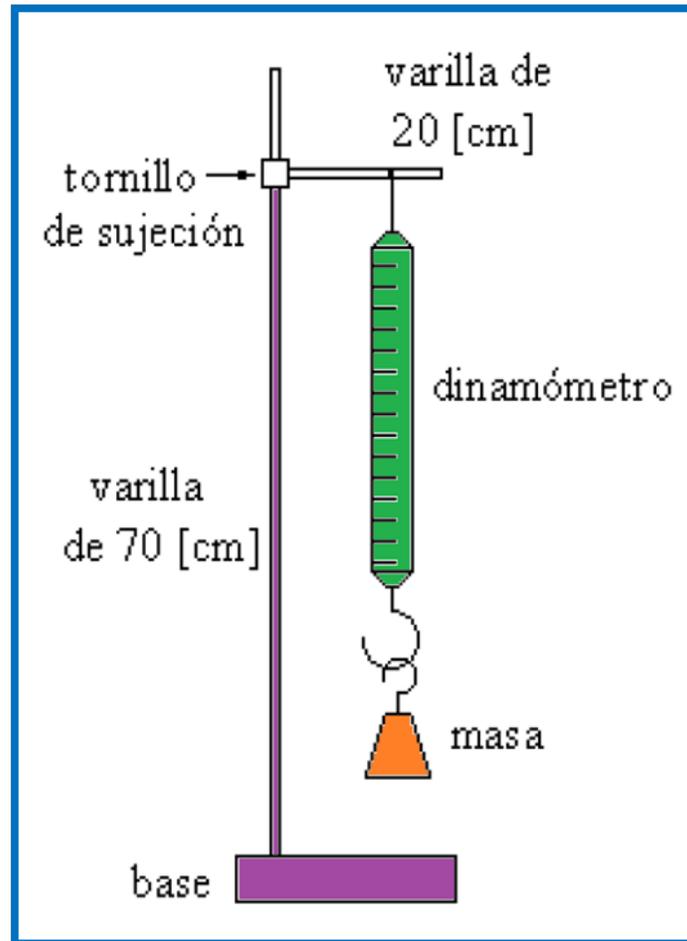


Figura 1. Dispositivo experimental del dinamómetro.

### Actividad 3

Colgar en el dinamómetro las masas patrones de manera sucesiva y registrar el peso de cada una; efectuar las mediciones en forma creciente y luego decreciente hasta completar las cinco columnas ( $W_1, W_2 \dots W_5$ ) en la siguiente tabla.

Recuerde que el peso  $W_P = m_P \cdot g$  ; donde  $W_P$  [N],  $m_P$  [kg],  $g$  [ $m/s^2$ ]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	16/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

Completar la columna de pesos patrones ( $W_P$ ) aplicando la segunda ley de Newton ( $W_P = m_P \times g$ ) y el valor de la aceleración gravitatoria local ( $g = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$ ).

$m_P$ [g]	$m_P$ [kg]	$W_P$ [N]	$W_{L1}$ [N]	$W_{L2}$ [N]	$W_{L3}$ [N]	$W_{L4}$ [N]	$W_{L5}$ [N]	$\overline{W}_L$ [N]
50								
100								
150								
200								
250								
300								
350								
400								

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	17/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 5

Llenar la siguiente tabla con los cálculos necesarios.

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

### Nomenclatura:

$V_P$	valor patrón
$\overline{V}_L$	valor leído promedio
% EE	porcentaje de error de exactitud
% E	porcentaje de exactitud
% EP	porcentaje de error de precisión
% P	porcentaje de precisión
$\Delta V$	incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado
$\overline{V}_L \pm \Delta V$	valor más representativo con su incertidumbre

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	18/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Cuestionario

1. Indique para qué valor patrón se tuvo el mayor error de exactitud.
2. 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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	19/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 7. Bibliografía.

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

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$W_p = m_p * g_{CDMX}$  ; en la cual  $g_{CDMX} = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$

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

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

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

$$S_w = \pm \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{W}_L - W_i)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad y \quad \Delta W = S_{mw} = \frac{\pm S_w}{\sqrt{n}} \quad ; \quad [\Delta W]_u = [S_{mw}]_u = [S_w]_u$$

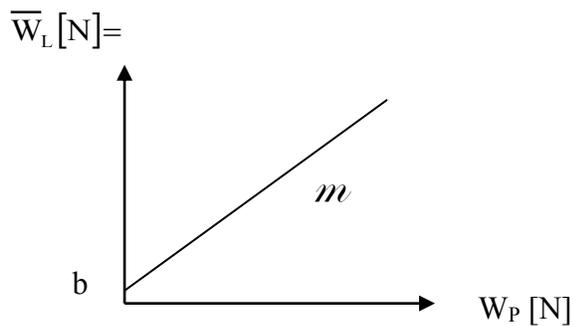
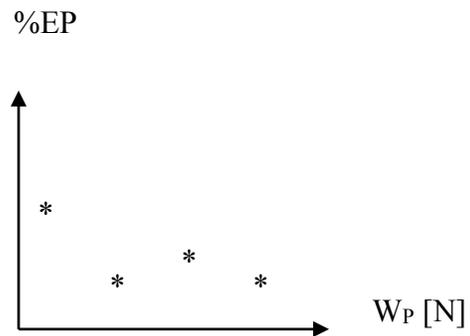
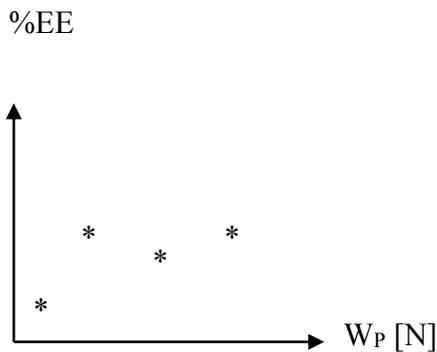
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	20/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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

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

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

**Modelos gráficos**

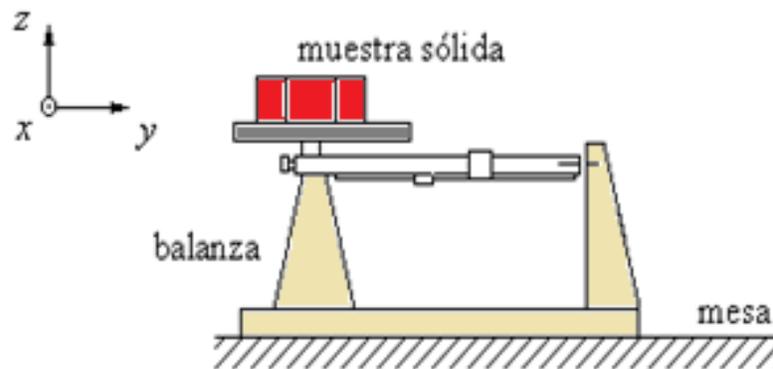


$$\bar{W}_L [N] = m W_P [N] + b [N]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	21/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	22/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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  
 flexómetro  
 jeringa de 10 [ml]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	23/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

Identificar las características estáticas de la balanza proporcionada.

Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2

Medir la masa de cada muestra de sustancia, no olvidar la verificación del **ajuste a cero** de la balanza, el cual se llevará a cabo colocando los jinetillos completamente a la izquierda de los brazos móviles (donde marquen cero) y girar 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, ver figura 1.

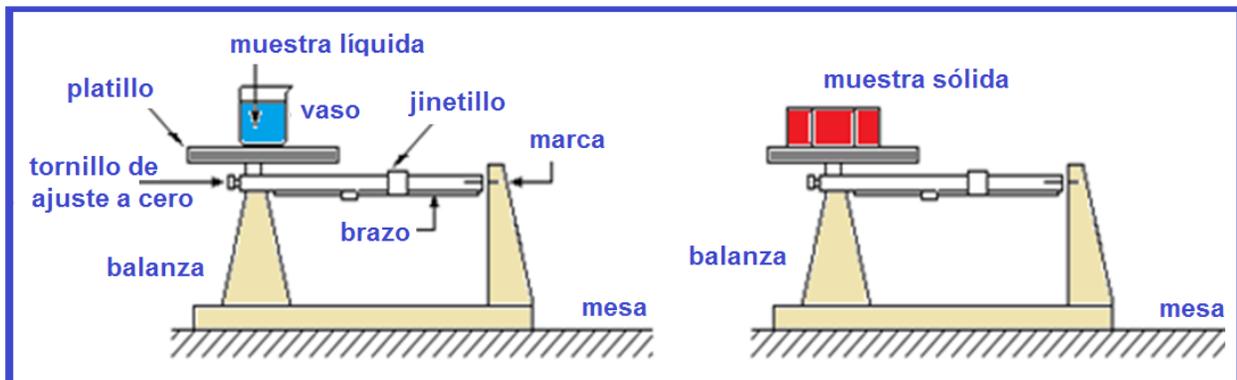


Figura 1. Diagrama de medición de muestras sólidas y líquidas.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	24/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Medir las dimensiones de las muestras sólidas que permitan determinar su volumen. En el caso de sustancias líquidas medir la masa total (recipiente y sustancia) y no olvidar restar la masa del recipiente. Para el aceite y la glicerina, los volúmenes se encuentran especificados en los recipientes; para determinar la masa del agua utilice la jeringa como auxiliar en el llenado del vaso de precipitados. Llene la siguiente tabla.

sustancia	fase	m [kg]	V [m <sup>3</sup> ]	W [N]
aceite				
agua				
glicerina				
esponja				
acero				
madera				
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 Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	25/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

Llenar la siguiente tabla indicando si son propiedades intensivas o extensivas; así como si se trata de cantidades físicas escalares o vectoriales.

	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [1]	$\gamma$ [N/m <sup>3</sup> ]	$\nu$ [m <sup>2</sup> /kg]
<b>Propiedad Intensiva o extensiva</b>				
<b>Cantidad física vectorial o escalar</b>				

#### Actividad 5

Llenar la siguiente tabla con el empleo de las expresiones matemáticas proporcionadas en el anexo.

<b>Sustancia</b>	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [1]	$\gamma$ [N/m <sup>3</sup> ]	$\nu$ [m <sup>2</sup> /kg]
<b>aceite</b>				
<b>agua</b>				
<b>glicerina</b>				
<b>esponja</b>				
<b>acero</b>				
<b>madera</b>				
<b>acrílico</b>				

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	26/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

donde para cada sustancia:

$m$  = masa

$W$  = peso

$V$  = volumen

$\rho$  = densidad

$\delta$  = densidad relativa

$v$  = volumen específico

$\gamma$  = peso específico

## 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).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	27/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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

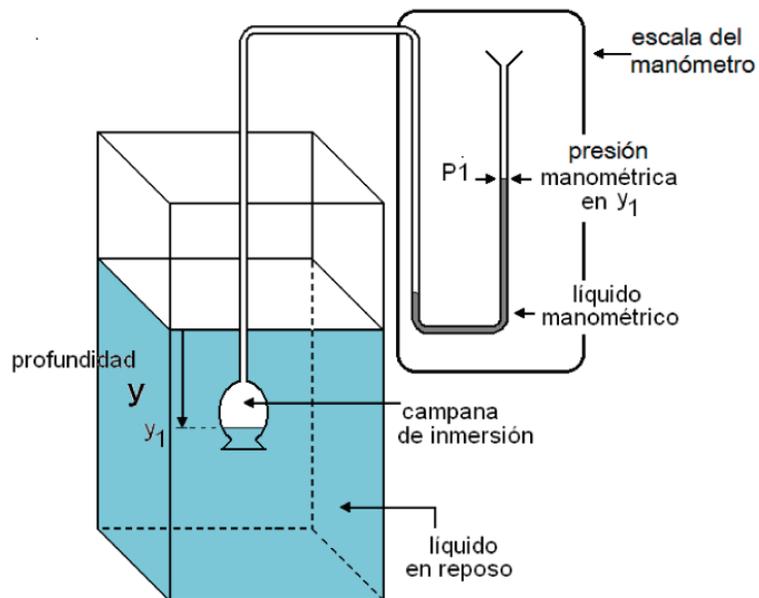
### Expresiones matemáticas necesarias

$$\vec{W} = m\vec{g} ; \quad \vec{g} = -9.78 \hat{k} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] ; \quad \rho = \frac{m}{V} ; \quad \delta_x = \frac{\rho_x}{\rho_{\text{agua}}} ; \quad \vec{\gamma} = \frac{\vec{W}}{V} \quad \text{y} \quad v = \frac{1}{\rho}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	28/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 4

### Gradiente de presión



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	29/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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  $P_{man}$  en función de la profundidad ' $y$ ' 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 Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	30/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

Identificar las características estáticas del manómetro diferencial.

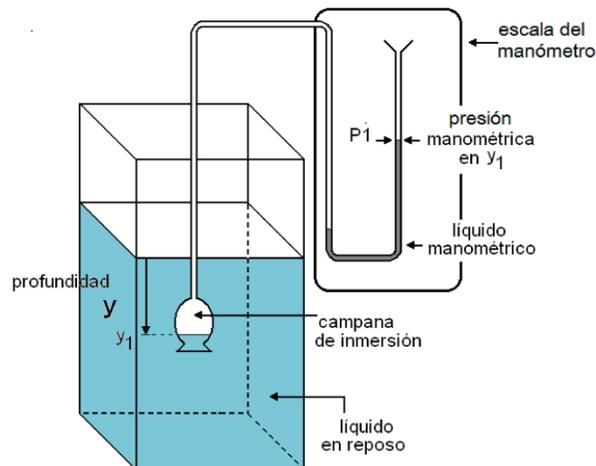
Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2

Verificar que en el recipiente de base cuadrada con un líquido desconocido se alcancen 15 [cm] de profundidad como mínimo.

**Ajustar a cero** el manómetro diferencial desplazando la escala móvil; si es necesario, agregar líquido manométrico.

Introducir 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. ()



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	31/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

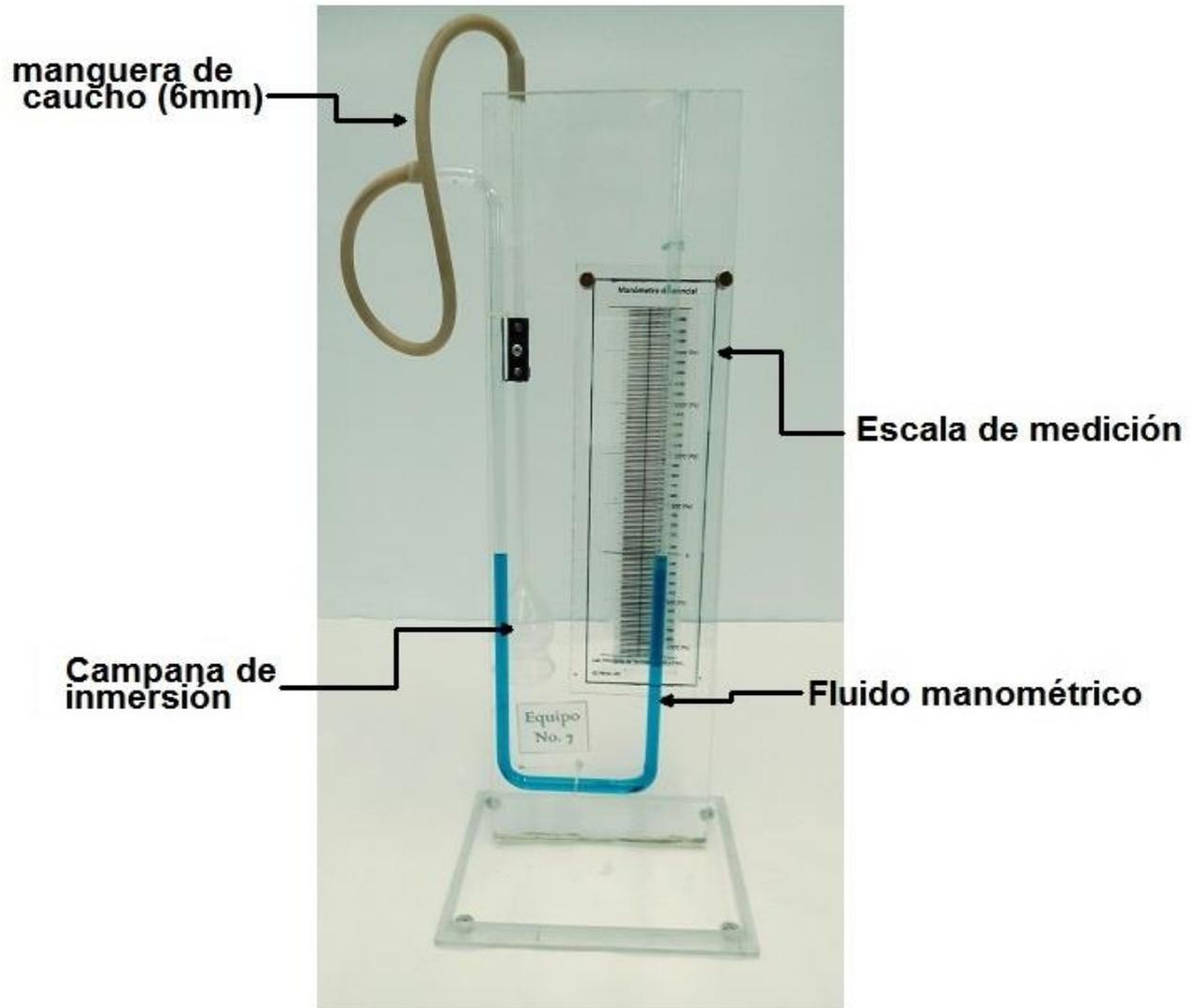


Figura 1. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	32/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

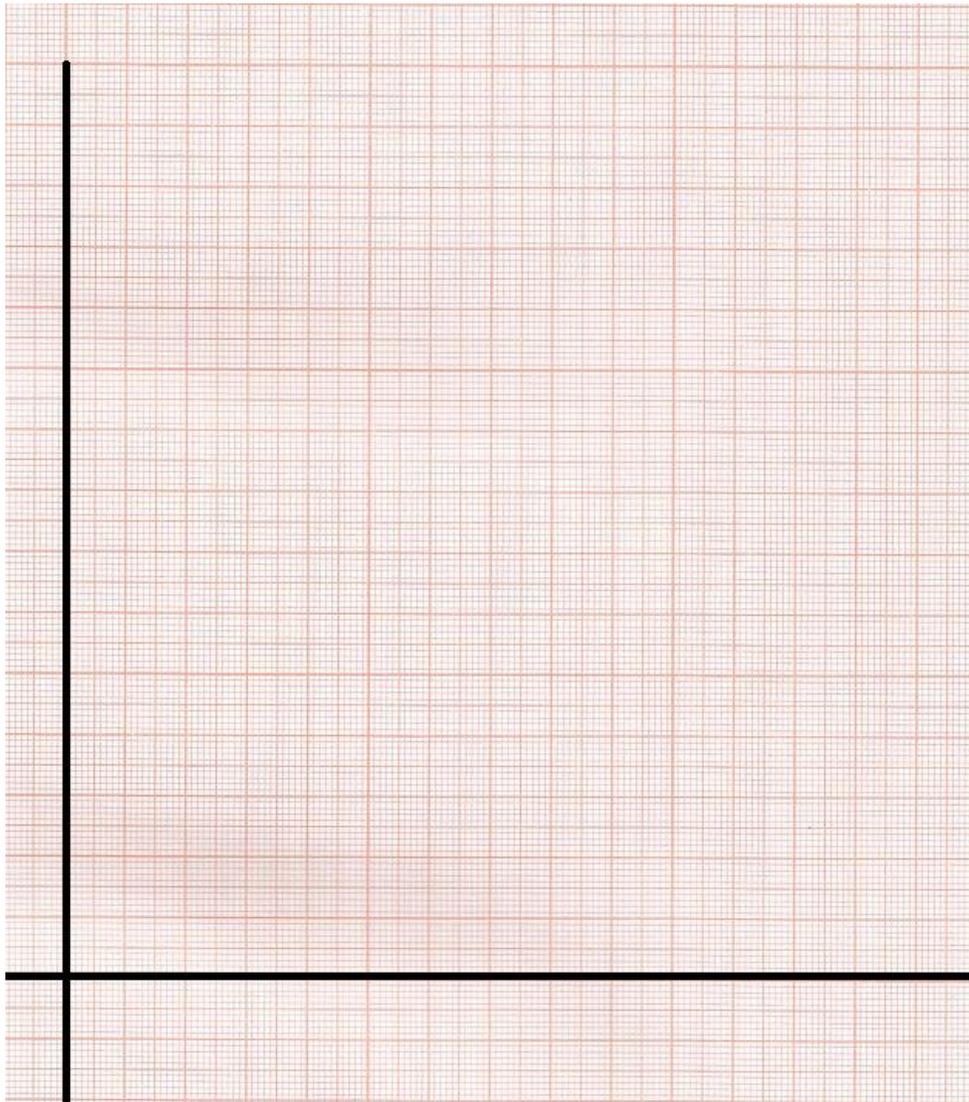
Registrar en la siguiente tabla la presión manométrica en el líquido desconocido para los valores crecientes de profundidad; después, disminuir gradualmente la profundidad y medir la presión correspondiente; continuar así hasta completar los conjuntos de mediciones necesarios (cinco en este caso).

y [m]	P <sub>1</sub> [Pa]	P <sub>2</sub> [Pa]	P <sub>3</sub> [Pa]	P <sub>4</sub> [Pa]	P <sub>5</sub> [Pa]	$\bar{P}_{\text{man}}$ [Pa]
0.02						
0.04						
0.06						
0.08						
0.10						
0.12						

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	33/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

Localizar los puntos experimentales del modelo gráfico de la presión manométrica en función de la profundidad en el líquido desconocido en reposo.



Gráfica 1. Presión manométrica en función de la profundidad.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	34/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 5

Obtener el modelo matemático de la presión manométrica en función de la profundidad en el líquido bajo estudio. Trazar en la gráfica de la actividad anterior la recta obtenida en el modelo matemático.

### Actividad 6

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

$$\gamma = \underline{\hspace{10em}} [ \quad ] \quad \rho = \underline{\hspace{10em}} [ \quad ]$$

### Actividad 7

Con la ayuda de las explicaciones del profesor y de la figura siguiente, explique brevemente los conceptos de presión manométrica, presión vacuométrica, presión atmosférica y presión absoluta.

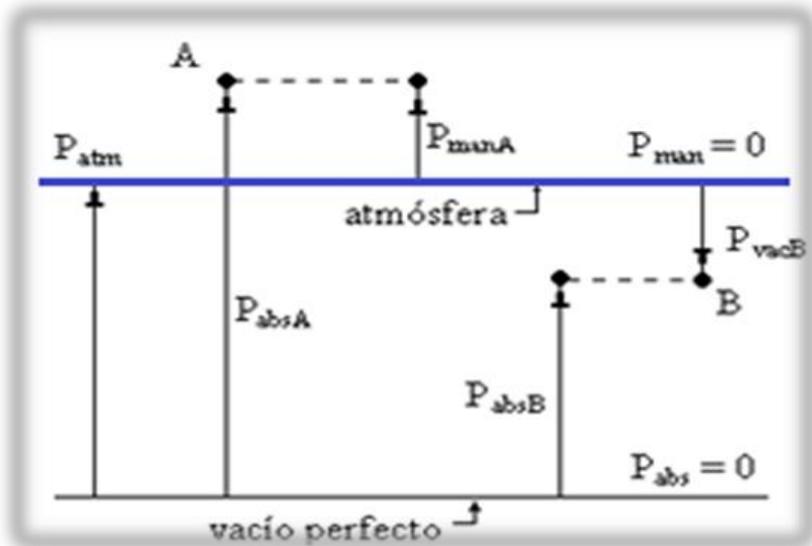


Figura 2. Presión manométrica, presión vacuométrica y presión absoluta.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	35/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 y obtenido?
2. ¿Cuál es el valor de la magnitud del peso específico  $|\bar{\gamma}|$  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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	36/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 7. Bibliografía

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

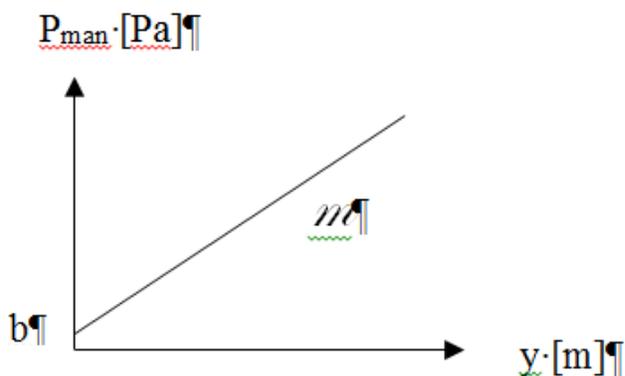
## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

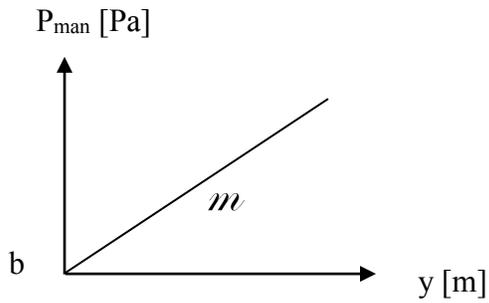
$$P_A - P_B = -\rho |\vec{g}| (Z_A - Z_B); \quad P_{\text{atm}} = \rho_{\text{Hg}} |\vec{g}| \bar{h}_{\text{bar}}; \quad \rho_{\text{Hg}} = 13,600 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right];$$

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

### Modelos gráficos

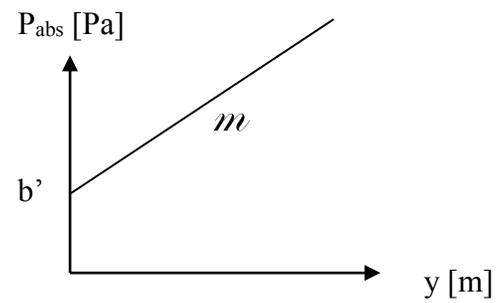


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	37/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



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

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



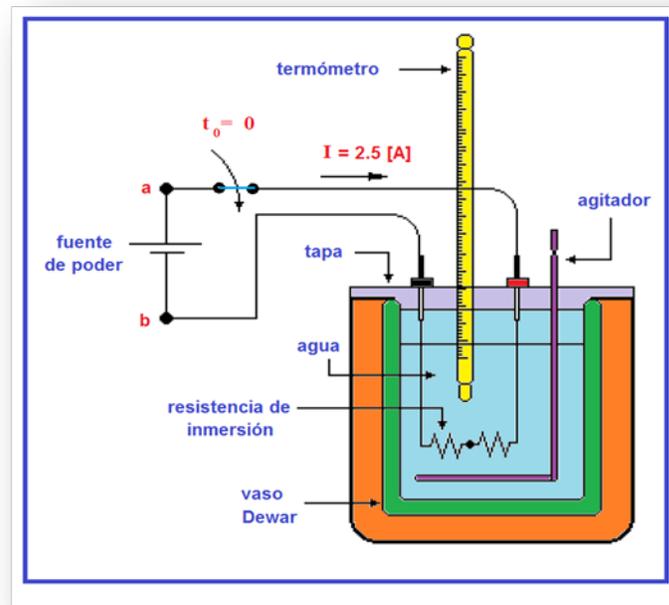
$$P_{\text{abs}}[\text{Pa}] = m \left[ \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right] y [\text{m}] + b' [\text{Pa}]$$

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	38/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	39/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	40/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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  
 tapón de hule  
 cronómetro digital  
 balanza de brazo triple  
 jeringa de 10 [mℓ]  
 150 [g] de agua

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registrar las características estáticas de los instrumentos indicados.

Instrumento	Rango	Resolución	Legibilidad
<b>termómetro de inmersión</b>			
<b>balanza</b>			

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	41/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Medir 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 debe energizarse si está fuera del líquido cuya temperatura se desea elevar. No olvide **ajustar a cero** la balanza.

masa de agua líquida: \_\_\_\_\_ [kg]

## Actividad 3

Armar el dispositivo experimental mostrado en la figura 1, sin encender aún la fuente de poder, verificar que los dos resistores que forman la resistencia de inmersión estén conectados en serie; es decir uno a continuación del otro.

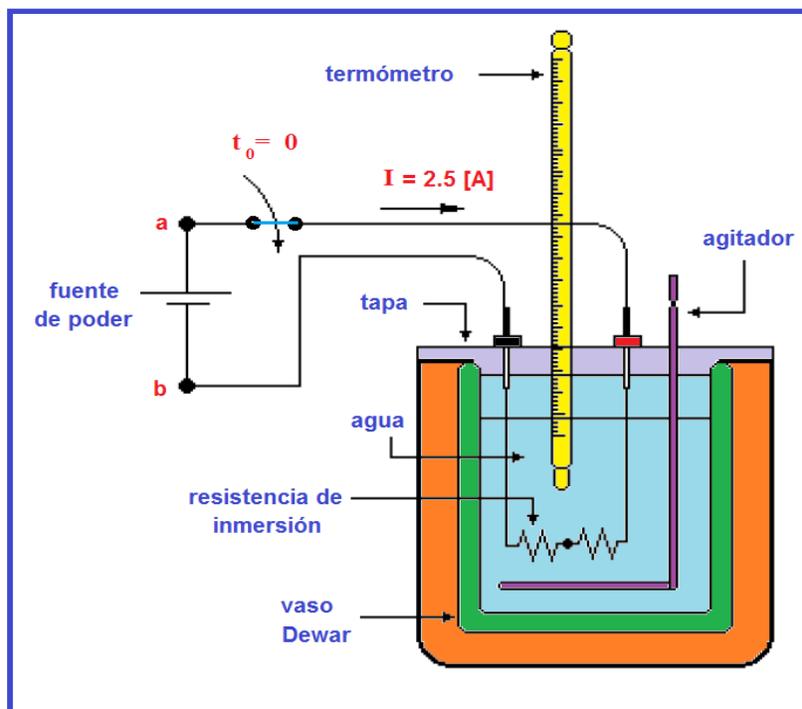


Figura 1. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	42/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

Verificar que las dos perillas de la fuente de poder estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj. Con giros pequeños de las dos perillas de la fuente hacer circular una corriente de 2.5 [A], abrir el circuito en este momento sin mover la posición de las perillas.

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

potencia eléctrica,  $P = V_{ab} * I =$  \_\_\_\_\_ [W]

#### Actividad 5

Agitar ligeramente el contenido del calorímetro para que las propiedades del líquido sean homogéneas; medir y registrar la temperatura inicial del líquido y tener listo el cronómetro para medir el lapso  $\Delta t$  que ha permanecido energizado el circuito de la fuente y la resistencia de inmersión.

temperatura inicial del líquido,  $T_{inicial} =$  \_\_\_\_\_ [°C] = \_\_\_\_\_ [K]

#### Actividad 6

En el instante  $t_0 = 0$  segundos: cerrar el circuito, atender al termómetro y poner en operación el cronómetro para registrar el lapso  $\Delta t$  [s] que ha transcurrido desde que se cerró el circuito y en el que se alcanzó en el líquido un incremento  $\Delta T = 2$  [°C] = 2 [K] en su temperatura.

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

No detener el cronómetro cuyo funcionamiento debe ser continuo.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	43/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 7

Proceder de manera semejante, cuando el líquido en el calorímetro ha alcanzado un nuevo incremento de  $\Delta T = 2 \text{ [}^\circ\text{C]} = 2 \text{ [K]}$ . Observe que las lecturas del voltímetro y del amperímetro permanecen constantes durante la realización del experimento. Con las mediciones realizadas, llene la tabla siguiente.

T [°C]	$\Delta T$ [°C]	Lectura del cronómetro *	t [s] **	$P=V \cdot I$ [W]
$T_0 = T_{\text{inicial}}$	<b>0</b>			
$T_1 = T_0 + 2^\circ$	<b>2</b>			
$T_2 = T_1 + 2^\circ$	<b>4</b>			
$T_3 = T_2 + 2^\circ$	<b>6</b>			
$T_4 = T_3 + 2^\circ$	<b>8</b>			
$T_5 = T_4 + 2^\circ$	<b>10</b>			

Nota:

\* Estas lecturas se tomarán tal y como se muestran en el cronómetro.

\*\*Las lecturas realizadas con el cronómetro deberán convertirse a segundos.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	44/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 8

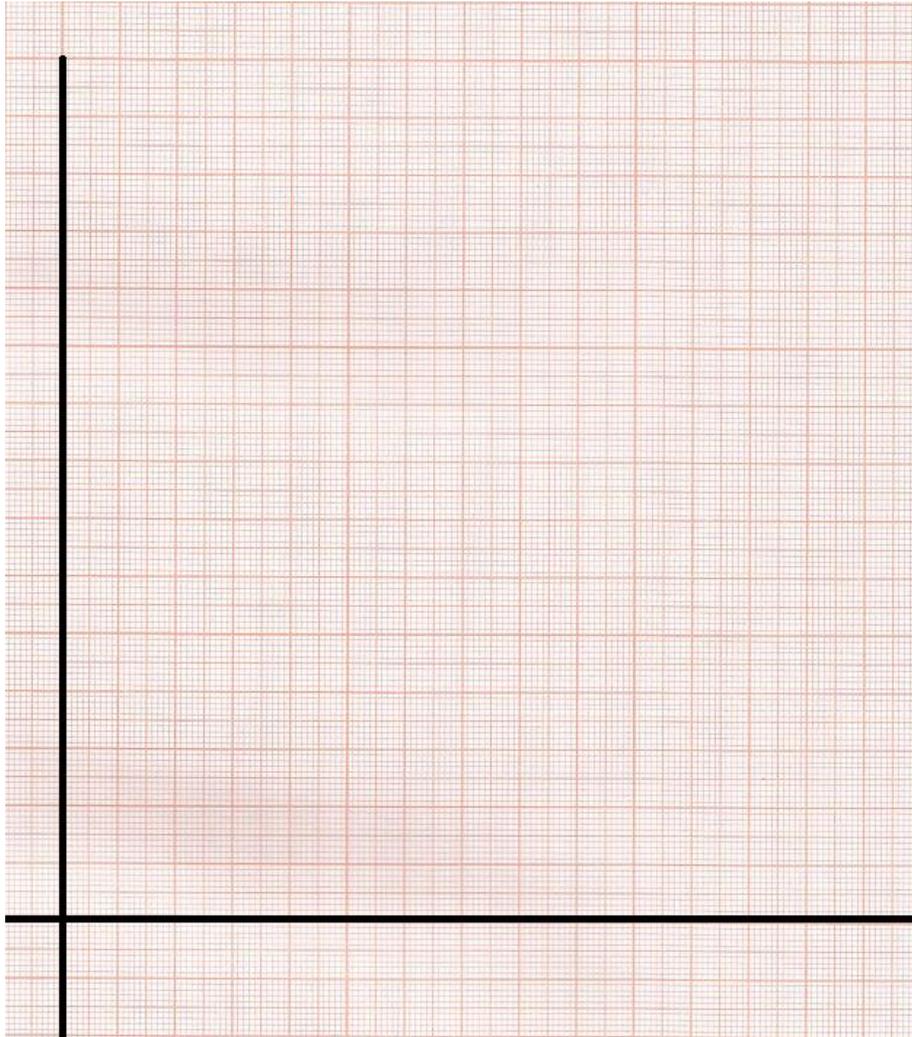
Completar el llenado de la siguiente tabla, calculando la energía proporcionada  $Q_{sum}$ . [J].

$\Delta T$ [°C]	$Q_{sum} = P$ [W] * $t$ [s]
0	
2	
4	
6	
8	
10	

### Actividad 9

Trazar el modelo gráfico y obtener el modelo matemático  $Q_{sum}$  [J] =  $f(\Delta T)$  [°C] con la información de la tabla anterior y el método del mínimo de la suma de los cuadrados. Sobre el modelo gráfico trace la mejor recta obtenida con el modelo matemático.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	45/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



valor de la pendiente = \_\_\_\_\_ [    ]    valor de la ordenada = \_\_\_\_\_ [    ]

### Actividad 10

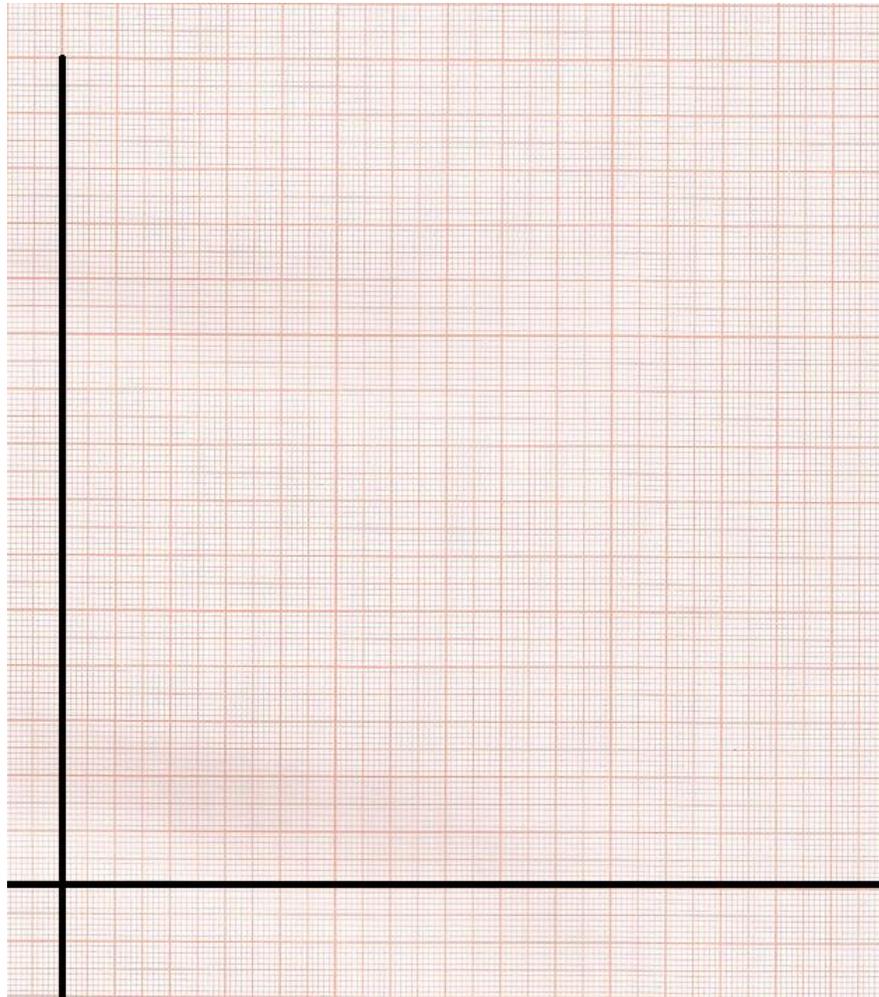
Del modelo matemático obtenido en la actividad anterior, obtener la capacidad térmica (C ) y la capacidad térmica específica ( c ) con sus respectivas unidades en el SI, de la masa de agua empleada. Para lo anterior, se sugiere comparar el modelo matemático con el modelo teórico  $Q_{sum} = m c \Delta T$  .

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	46/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 11

Trazar el modelo gráfico y obtener el modelo matemático  $Q_{\text{sum}} [\text{J}] = f(T) [^{\circ}\text{C}]$  con las columnas de datos correspondientes de la tabla anterior y el método del mínimo de la suma de los cuadrados. Sobre el modelo gráfico trace la mejor recta obtenida con el modelo matemático.



valor de la pendiente = \_\_\_\_\_ [    ]    valor de la ordenada = \_\_\_\_\_ [    ]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	47/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 12

Del modelo matemático obtenido en la actividad anterior, obtener la capacidad térmica (C ) y la capacidad térmica específica ( c ) con sus respectivas unidades en el SI, de la masa de agua empleada. Para lo anterior, se sugiere comparar el modelo matemático con el modelo teórico  $Q_{sum} = m c T - m c T_0$

C = \_\_\_\_\_ [    ]

c = \_\_\_\_\_ [    ]

### Actividad 13

Colocar agua en el vaso de precipitados de manera que cubra el bulbo del termómetro, eleve su temperatura empleando la parrilla y deje que el agua alcance su punto de ebullición en esta ciudad (CDMX). Mida el valor del punto de ebullición del agua con el termómetro de inmersión proporcionado.

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

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	48/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Cuestionario

1. Escriba el modelo matemático del calor suministrado  $Q_{\text{sum}} \text{ [J]} = f(\Delta T) \text{ [}^\circ\text{C]}$  para la masa de agua utilizada, indicando las unidades en el SI para cada término.
2. Escriba el modelo matemático del calor suministrado  $Q_{\text{sum}} \text{ [J]} = f(T) \text{ [}^\circ\text{C]}$  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  $4186 \text{ [J/kg } \Delta^\circ\text{C]}$
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.

## 6. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	49/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 7. Bibliografía

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

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

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

$$\Delta T = T_i - T_{\text{inicial}}$$

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

$$Q_{\text{sum}} = V_{\text{ab}} I \Delta t \text{ [J]}$$

$$P = V_{\text{ab}} I \text{ [W]; potencia eléctrica}$$

$$Q_{\text{sum}} = P \Delta t$$

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

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

$$m c = C$$

donde

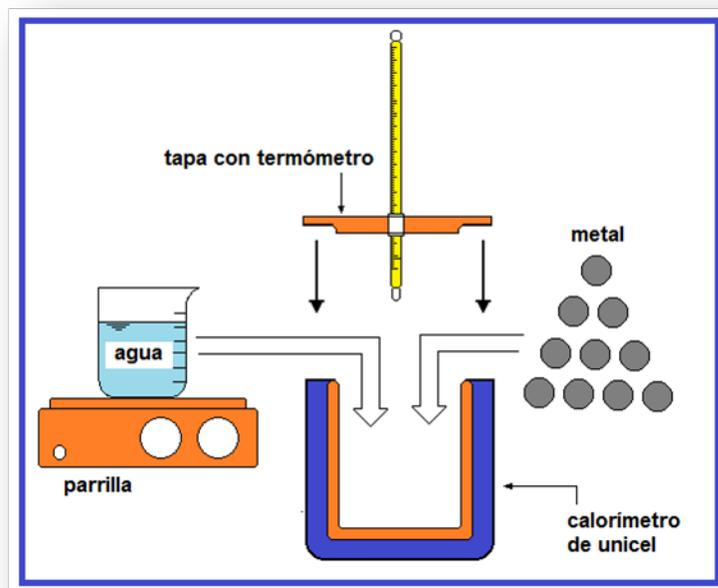
c = capacidad térmica específica

C = capacidad térmica o capacidad calorífica

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	50/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	51/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	52/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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  
 parrilla eléctrica con agitador  
 80 [g] de agua  
 muestra de metal  
 termómetro de inmersión  
 jeringa de 10 [ mℓ]

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registrar las características estáticas de los instrumentos indicados.

Instrumento	Rango	Resolución	Legibilidad
balanza con balanzón			
termómetro de inmersión			

#### Actividad 2

Medir la masa del metal disponible ( $m_{\text{metal}}$ ) y determinar su temperatura inicial ( $T_{i \text{ metal}}$ ) la cual se sugiere sea la ambiente. Para esta medición sumergir las monedas en un vaso de precipitados con agua y un minuto después medir la temperatura; ésta será la temperatura inicial del metal. Eliminar el agua y secar perfectamente las muestras del metal.

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	53/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Medir una masa de 80 gramos de agua líquida y con la ayuda de la parrilla elevar su temperatura, vigilar la homogeneidad de esta propiedad agitando ligeramente el contenido del recipiente hasta alcanzar los 40 [°C] ( $T_{i \text{ agua}}$ ); retirar de inmediato el recipiente de la parrilla, verter el agua al calorímetro y verificar la temperatura inicial del agua.

Colocar con mucha precaución la muestra de metal en el calorímetro y taparlo perfectamente, como se muestra en la figura; agitar suavemente el calorímetro con las manos para conseguir homogeneidad.

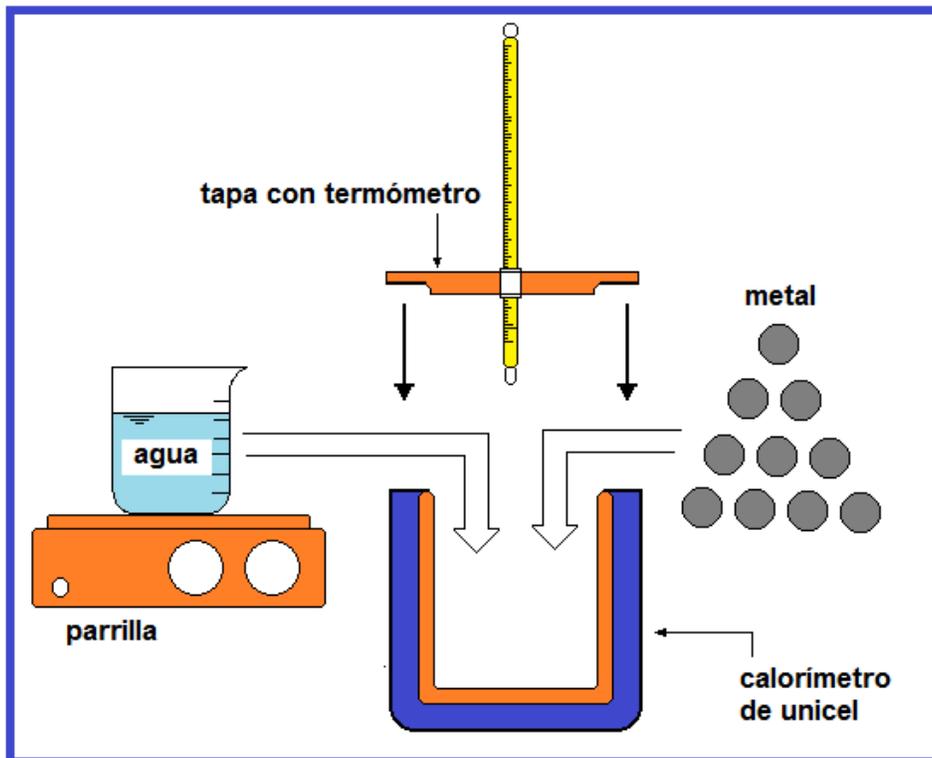


Figura 1. Dispositivo experimental.

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

temperatura inicial agua ( $T_{i \text{ agua}}$ ): \_\_\_\_ [ ]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	54/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

Medir la temperatura de equilibrio de la mezcla ( $T_{eq}$ ) aproximadamente un minuto después de haberla hecho y registrar ese dato.

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

#### Actividad 5

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

---



---



---



---



---



---

#### Actividad 6

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

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	55/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 7

Con las mediciones obtenidas durante el experimento, llenar la siguiente tabla.

$m_{\text{agua}}$ [kg]	$m_{\text{metal}}$ [kg]	$C_{\text{agua}}$ [J/(kg·ΔK)]	$T_{i \text{ agua}}$ [°C]	$T_{i \text{ metal}}$ [°C]	$T_{\text{eq}}$ [°C]	$C_{\text{metal}}$ [J/(kg·ΔK)]
0.080		4 186				

### Actividad 8

Obtener 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)].

% de exactitud (%E) = \_\_\_\_\_

**Nota:** Si su porcentaje de error de exactitud resultó mayor que 10%, se recomienda repetir el experimento.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	56/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	57/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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

$$Q = m c ( T - T_0 )$$

$$\Sigma Q + \Sigma W = \Delta E,$$

donde:

$$\Delta E = \Delta EC + \Delta EP + \Delta U$$

**Para un sistema estacionario**

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

**Para un sistema aislado**

$\Delta U = 0$ ; y como  $\Sigma W = 0$ . Se concluye que  $\Sigma Q = 0$  en el interior del calorímetro.

Con la conclusión anterior:

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

considerando que:  $Q_{\text{vaso}} \approx 0$ , que  $Q_{\text{tapa}} \approx 0$  y  $Q_{\text{termómetro}} \approx 0$ .

Por lo tanto:

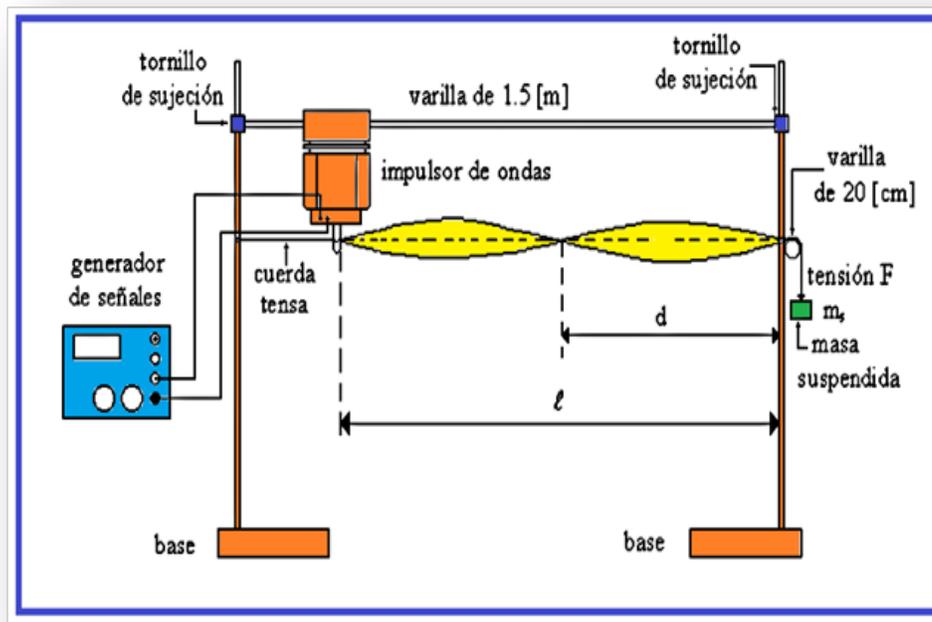
$$m_{\text{agua}} c_{\text{agua}} ( T_{\text{eq}} - T_{i \text{ agua}} ) + m_{\text{metal}} c_{\text{metal}} ( T_{\text{eq}} - T_{i \text{ metal}} ) = 0$$

que se puede emplear para calcular  $c_{\text{metal}}$  en cada experimento.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	58/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 7

### Movimiento ondulatorio



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	59/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	60/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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 granataria  
 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

generador de señales  
 lámpara de luz estroboscópica  
 osciloscopio  
 conector BNC  
 dos cables largos

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registrar las características estáticas de los siguientes instrumentos de medición.

Instrumento	Rango	Resolución	Legibilidad
balanza granataria			
flexómetro			

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	61/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Armar el dispositivo experimental mostrado en la figura 1, sin encender el generador de señales; quitar el seguro que impide el movimiento del impulsor de ondas (deslizando la palanca a la posición que dice *unlock*).

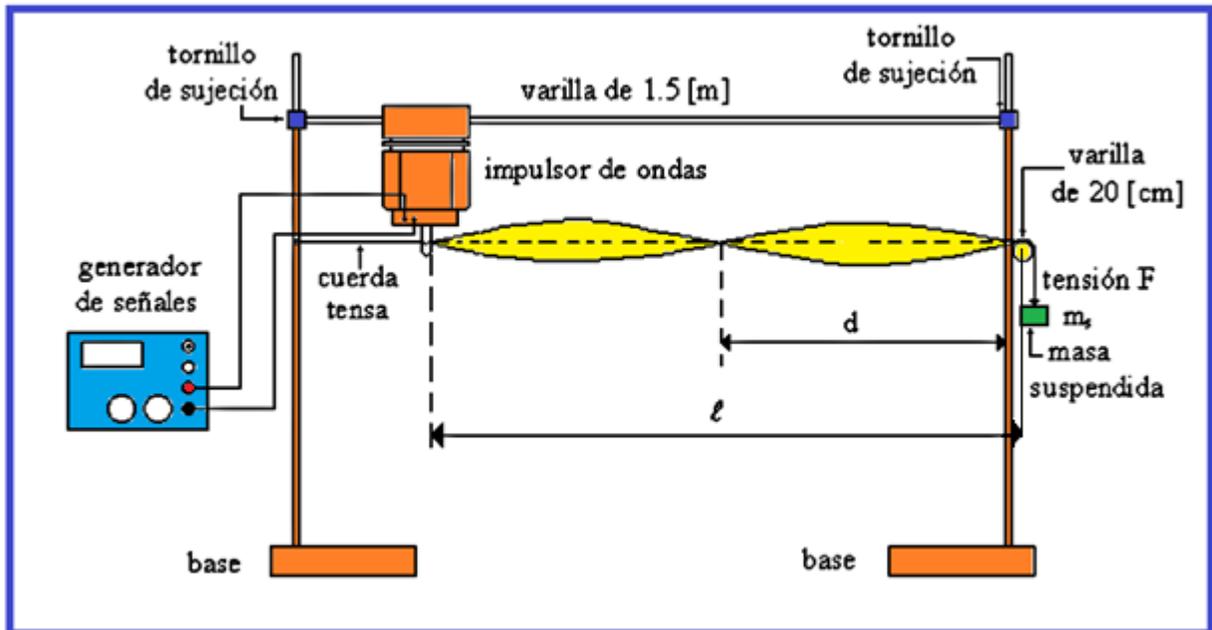


Figura 1. Dispositivo experimental.

## Actividad 3

Colocar la varilla de 1.5 [m] a una altura mayor que 40 [cm] de la mesa y se sugiere que la longitud  $\ell$  mostrada sea de un metro, con lo cual la distancia entre las varillas verticales se podrá fijar en aproximadamente 1.1 [m]. Medir la masa de la cuerda así como su longitud.

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	62/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

Sujetar 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. Colgar las masas proporcionadas y el valor total de éstas será la masa suspendida ( $m_{\text{suspendida}}$ ), la cual originará la tensión (F) en la cuerda.

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

#### Actividad 5

Energizar el generador de señales cuidando que la amplitud de la señal sea mínima y disminuir 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, ver figura 2.

Aumentar la amplitud de la señal del generador para observar mejor el modo de vibración de la cuerda y registrar el valor de la frecuencia en la tabla de la actividad 6.

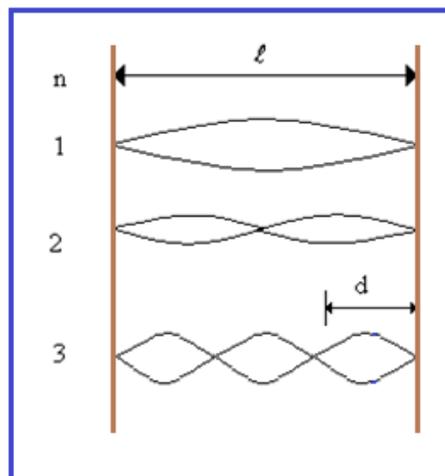


Figura 2. Modos de vibración (n) de ondas estacionarias.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	63/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 6

Aumentar lenta y suavemente la frecuencia hasta encontrar el segundo modo de vibración ( $n = 2$ ), registrar el valor de la frecuencia y la distancia ( $d$ ) entre dos nodos consecutivos. Repetir el procedimiento hasta el modo de vibración 6. Determine el valor de  $\lambda$  [m], observando que  $\lambda=2d$ . A partir de los valores de frecuencia registrados determine el período para cada modo de vibración.

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

### Actividad 7

Dibujar los modelos gráficos de la longitud de onda en función de la frecuencia:  $\lambda = f(f)$  y de la longitud de onda en función del período:  $\lambda = f(\tau)$

### Actividad 8

Obtener el modelo matemático de la longitud de onda en función del período:  $\lambda = f(\tau)$  del movimiento ondulatorio observado.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	64/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 9 (para el profesor)

Conectar la salida del generador de señales (bornes rojo y negro) a uno de los canales de medición del osciloscopio (figura 3).

Observar las formas de ondas disponibles en el generador y efectuar las mediciones del periodo ( $\tau$ ) y amplitud ( $A$ ) de una onda sinusoidal de frecuencia 1000 [Hz].

Variar la amplitud de la onda en el generador, observar este efecto en la pantalla.

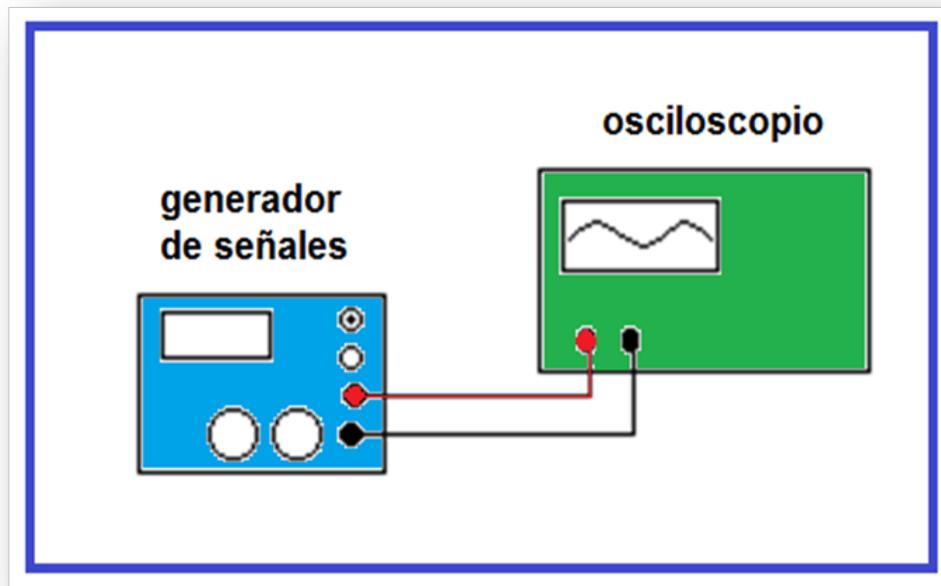


Figura 3. Generador de señales y osciloscopio.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	65/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos Física</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	66/66
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Fundamentos 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.

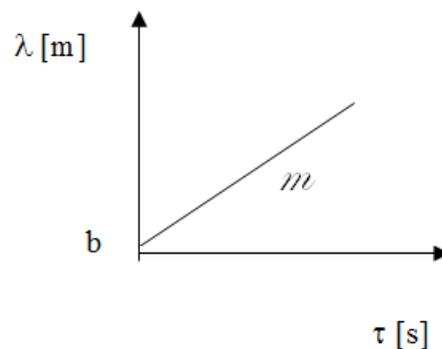
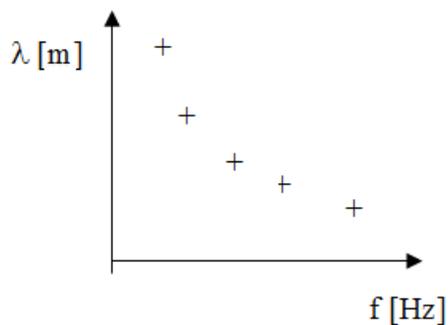
## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

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

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

### Modelos



$$\lambda \text{ [m]} = m \text{ [m/s]} \tau \text{ [s]} + b \text{ [m]}, \text{ para } \tau > 0$$

$$m = \frac{d\lambda}{d\tau}$$