

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	1/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Manual de prácticas del laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M. en D. Elizabeth Aguirre Maldonado M. en I. Rigel Gámez Leal Ing. Gabriel A. Jaramillo Morales	Ing. Hortencia Caballero López Q. Antonia del Carmen Pérez León M. en I. Rigel Gámez Leal Ing. Gabriel A. Jaramillo Morales Q. Esther Flores Cruz Ing. Martin Bárcenas Escobar Dr. E. Luis David Paleo González M. en I. Javier A. Rosas Flores	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	12 de agosto de 2022

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	2/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Índice de prácticas

Práctica 1. Introducción al manejo de datos experimentales.....	3
Práctica 2. Propiedades de las sustancias.....	9
Práctica 3. Presión	16
Práctica 4. Temperatura y calor	21
Práctica 5. La primera ley de la Termodinámica para sistemas cerrados.....	27
Práctica 6. El aire como gas ideal	32
Práctica 7. Balance de energía en sistemas termodinámicos abiertos.....	39
Práctica 8. Análisis termodinámico de una bomba de calor	45
Práctica 9. Carga y corriente eléctricas	52
Práctica 10. Campo magnético.....	58
Práctica 11. Ley de inducción de Faraday	67
Práctica 12. Capacitancia, resistencia e inductancia equivalentes.....	74

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	3/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 1

Introducción al manejo de datos experimentales

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	4/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	No agite el termómetro de inmersión.	Es frágil y se puede romper.

2. Objetivos de aprendizaje

- a) Determinar el rango, la resolución y la legibilidad de algunos instrumentos de medición.
- b) Obtener la curva de calibración y su ecuación de un calibrador con vernier.
- c) Determinar la sensibilidad y el error de calibración de dicho instrumento.
- d) Calcular la exactitud y el error de exactitud del calibrador para cada valor patrón en el rango de experimentación.
- e) Distinguir la diferencia entre las cantidades físicas denominadas masa y peso.

3. Material y equipo

Cantidad	Material
1	termómetro de inmersión
1	calibrador metálico con vernier
1	calibrador de plástico con vernier
2	balanza granataria
3	voltímetro analógico
	muestras metálicas de diferentes dimensiones (proporcionadas por el alumno)

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	5/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo

Actividad 1

Analice los instrumentos de medición proporcionados y anote: marca, modelo y sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad. Verificar el ajuste de los mismos y, de ser necesario, hacer el ajuste mecánico para lograrlo. No olvide indicar las unidades donde sea necesario.

Instrumento	Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad
termómetro					
calibrador metálico					
calibrador de plástico					
balanza					
voltímetro					

Actividad 2

Con las muestras metálicas proporcionadas y el calibrador metálico mida el diámetro de cada una de ellas y anótelos en orden creciente en la primera columna de la tabla siguiente. Estos serán los valores de las longitudes patrones (L_P).

L_P []	L_{L1} []	L_{L2} []	L_{L3} []	L_{L4} []	\bar{L}_L []

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	6/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

Para poder caracterizar al calibrador con vernier de plástico, efectúe las mismas mediciones de la actividad anterior y complete la tabla anterior. Estos valores serán las longitudes leídas (L_L).

Actividad 4

Para cada valor patrón, determine el porcentaje de error de exactitud y el de exactitud.

L_P []	% EE	% E

Actividad 5

Con ayuda de la balanza, mida la masa de cada una de las muestras metálicas. Después, determine el módulo del peso de cada una completando la tabla siguiente considerando que la aceleración gravitatoria del lugar es $9.78 [m/s^2]$.

Muestra metálica	m [g]	m [kg]	$ \vec{W} $ [N]
1			
2			
3			
4			

5. Cuestionario

- ¿Por qué a las características de la actividad 1 se les denomina estáticas?
- Elabore el modelo gráfico de la curva de calibración del instrumento que caracterizó.
- Con el método del mínimo de las sumas de los cuadrados, obtenga la ecuación de la curva de calibración del instrumento de la pregunta anterior.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	7/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. ¿Cuál es la sensibilidad del calibrador con vernier que se caracterizó? Justifique su respuesta.
5. ¿Cuál es el error de ajuste del calibrador con vernier? Justifique su respuesta.
6. ¿Cuáles son las diferencias entre masa y peso?
7. Anote la expresión dimensional, en el SI, de las cantidades físicas de la pregunta anterior.
8. Calcule el peso de cada moneda, pero exprese el resultado en $[kg_f]$. Recuerde que $1 [kg_f] = 9.81 [N]$.

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

8. Anexos

Expresiones matemáticas necesarias

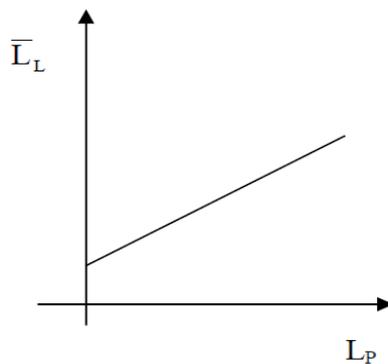
$$\vec{W} = m \vec{g} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \%EE = \left| \frac{x_p - \bar{x}_L}{x_p} \right| \times 100 \quad \%E = 100 - \%EE$$

Expresiones del método del mínimo de las sumas de los cuadrados:

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	8/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Modelo gráfico



	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	9/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 2

Propiedades de las sustancias

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	10/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Evite destapar los frascos.	No es necesario destapar y se pueden derramar las sustancias.

2. Objetivos de aprendizaje

- a) Identificar y medir, o determinar algunas de las propiedades de las sustancias en fase sólida o líquida.
- b) Comprender que las propiedades de las sustancias pueden ser extensivas o intensivas y a partir de la experimentación, poder distinguirlas.
- c) Verificar que el valor de una propiedad intensiva, de una muestra de material, no depende de la masa.
- d) Distinguir, dentro de un conjunto de cantidades físicas, las que son de tipo escalar y aquellas que sean de carácter vectorial.

3. Material y equipo

Cantidad	Material
3	Muestras sólidas diferentes con formas geométricas regulares
3	Muestras líquidas (en recipientes)
2	Muestras de unicel de diferente tamaño
2	Muestras de esponja de diferente tamaño
1	Balanza granataria
1	Calibrador de plástico con vernier
1	Vaso de precipitados de 50 [ml]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	11/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo

Actividad 1

Dibuje la forma geométrica de cada muestra, acotando las mediciones necesarias para la determinación de su volumen en $[cm^3]$ y efectúe el cálculo necesario a un lado del dibujo correspondiente.

Actividad 2

Con el empleo de la balanza, previamente calibrada, mida la masa de las muestras diferentes y anótelas en el cuadro siguiente en $[g]$, posteriormente en la columna siguiente convierta las mediciones de masa a las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI); es decir, en $[kg]$. Registre también los volúmenes de cada muestra calculados en la actividad uno, en $[cm^3]$, y finalmente tradúzcalos a $[m^3]$.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	12/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

sustancia	masa [g]	masa [kg]	volumen [cm ³]	volumen [m ³]

Actividad 3

Con los datos de masas y volúmenes obtenidos en la actividad 2, determinar las propiedades que se indican en la tabla siguiente. Considere que $\rho_{agua} = 10^3 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ y $|\vec{g}| = 9.78 \left[\frac{m}{s^2} \right]$.

sustancia	$ \vec{W} $ [N]	$ \vec{\gamma} \left[\frac{N}{m^3} \right]$	$\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right]$	$v \left[\frac{m^3}{kg} \right]$	δ [1]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	13/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4

Realice las mediciones y los cálculos necesarios para dos muestras sólidas de diferente tamaño, pero del mismo material. Complete el llenado de las tablas siguientes:

sustancia	m [kg]	volumen [m ³]	$ \vec{W} $ [N]	$ \vec{\gamma} $ $\left[\frac{N}{m^3}\right]$	ρ $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	v $\left[\frac{m^3}{kg}\right]$	δ [1]
esponja							
esponja							

sustancia	m [kg]	volumen [m ³]	$ \vec{W} $ [N]	$ \vec{\gamma} $ $\left[\frac{N}{m^3}\right]$	ρ $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	v $\left[\frac{m^3}{kg}\right]$	δ [1]
unicel							
unicel							

Realice las mediciones y los cálculos necesarios para una muestra líquida y complete el llenado de la tabla siguiente:

sustancia	m [kg]	volumen [m ³]	$ \vec{W} $ [N]	$ \vec{\gamma} $ $\left[\frac{N}{m^3}\right]$	ρ $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	v $\left[\frac{m^3}{kg}\right]$	δ [1]
agua							
agua							

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	14/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

- Liste cinco propiedades de las sustancias de tipo extensivo.
- Anote las unidades y la expresión dimensional, en el SI, de cada una de las propiedades del punto anterior.
- Liste cinco propiedades de tipo intensivo.
- Escriba las unidades y la expresión dimensional, en el SI, de cada una de las propiedades del punto anterior.
- Si se mezclan dos líquidos de densidades ρ_1 y ρ_2 respectivamente, ¿se puede afirmar que la densidad de la mezcla es $(\rho_1 + \rho_2)$? Justifique su respuesta.
- Elabore una tabla con las densidades de las sustancias indicadas en la tabla de la actividad 3 y compárelas con las obtenidas.

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

8. Anexos

Expresiones matemáticas necesarias

$$\vec{W} = m \vec{g} \quad \rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad v = \frac{\text{volumen}}{\text{masa}} \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

$$\vec{\gamma} = \frac{\vec{W}}{\text{volumen}} \left[\frac{N}{m^3} \right] \quad v = \frac{1}{\rho} \quad \delta = \frac{\rho}{\rho_{\text{agua}}}$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	15/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Factores de conversión:

$$1 [m] = 10 [dm] = 100 [cm] = 1\,000 [mm]$$

$$1 [m^2] = 100 [dm^2] = 10\,000 [cm^2] = 10^6 [mm^2]$$

$$1 [m^3] = 1\,000 [dm^3] = 1\,000\,000 [cm^3] = 1\,000\,000\,000 [mm^3]$$

$$1 [m\ell] = 1 [cm^3]$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	16/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 3

Presión

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	17/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Maneje con cuidado la campana de inmersión.	Se puede romper.

2. Objetivos de aprendizaje

- A partir de un manómetro diferencial determinar la relación de la presión manométrica " P_{man} " en función de la profundidad " y " de un fluido en reposo.
- Determinar el modelo gráfico y el modelo matemático de la presión manométrica " P_{man} " en función de la profundidad " y " en un fluido homogéneo, en reposo.
- A partir del modelo matemático anterior, deducir la densidad y el módulo del peso específico del fluido empleado.
- Concluir respecto a la validez de la ecuación del gradiente de presión.
- Medir la presión atmosférica en el laboratorio.

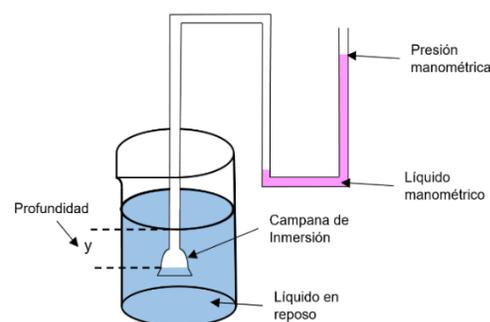
3. Material y equipo

Cantidad	Material
1	Flexómetro de 3 y/o 5 [m]
1	Manómetro diferencial en U y campana de inmersión
1	Vaso de precipitados de 1000 (ml)

4. Desarrollo

Actividad 1

Introduciendo la campana de inmersión del manómetro como lo indica el diagrama, mida la presión manométrica " P_{man} " en la escala del manómetro, para cada profundidad " y " indicada en la tabla siguiente; efectúe cinco conjuntos de mediciones, procediendo en forma de zig-zag. Al medir se debe de tomar la lectura en la base del menisco  del fluido del manómetro.

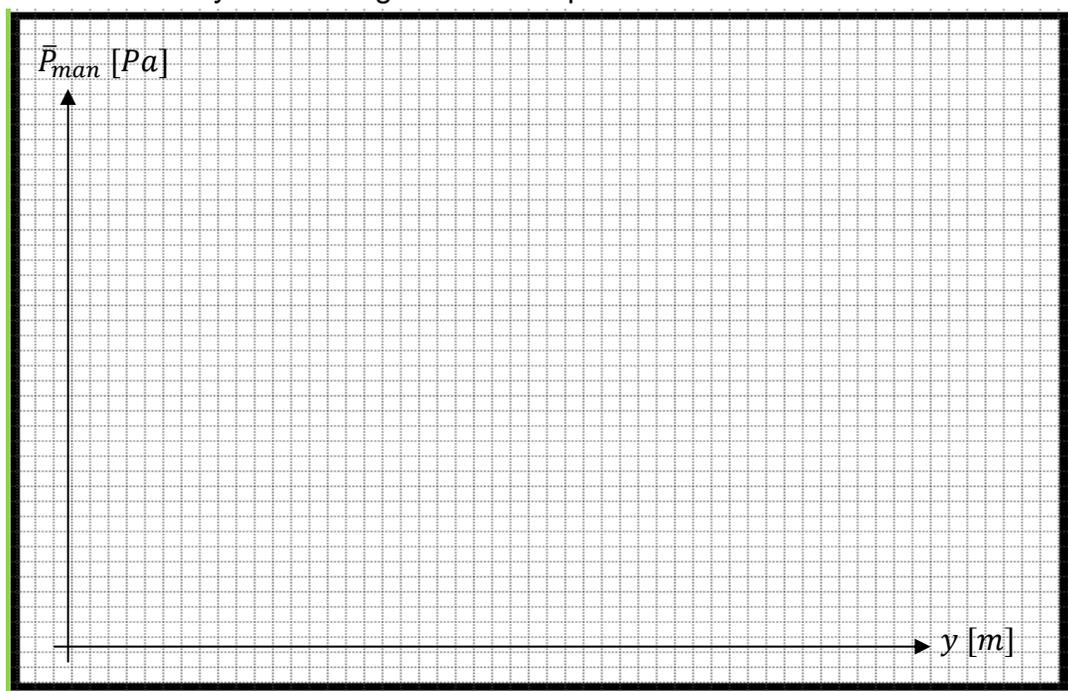


	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	18/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

y [cm]	y [m]	$P_{man\ 1}$ [Pa]	$P_{man\ 2}$ [Pa]	$P_{man\ 3}$ [Pa]	$P_{man\ 4}$ [Pa]	$P_{man\ 5}$ [Pa]	\bar{P}_{man} [Pa]
0							
2							
4							
6							
8							
10							

Actividad 2

Con la aplicación del método del mínimo de las sumas de los cuadrados, obtenga la ecuación $P_{man} = f(y)$ de la mejor recta que se aproxime a los puntos experimentales de la actividad anterior, no olvide indicar las unidades, en el SI, de cada término y realice la gráfica correspondiente.



modelo matemático: _____

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	19/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

Con la aplicación de la ecuación del gradiente de presión y con el modelo matemático de la actividad 2, obtenga lo que se pide para el fluido empleado, sin olvidar las unidades en el SI. Considere que $\rho_{agua} = 10^3 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ y $|\vec{g}| = 9.78 \left[\frac{m}{s^2} \right]$.

- a) el módulo del peso específico $|\vec{\gamma}|$

$$|\vec{\gamma}| = \underline{\hspace{10cm}}$$

- b) la densidad ρ

$$\rho = \underline{\hspace{10cm}}$$

- c) la densidad relativa δ

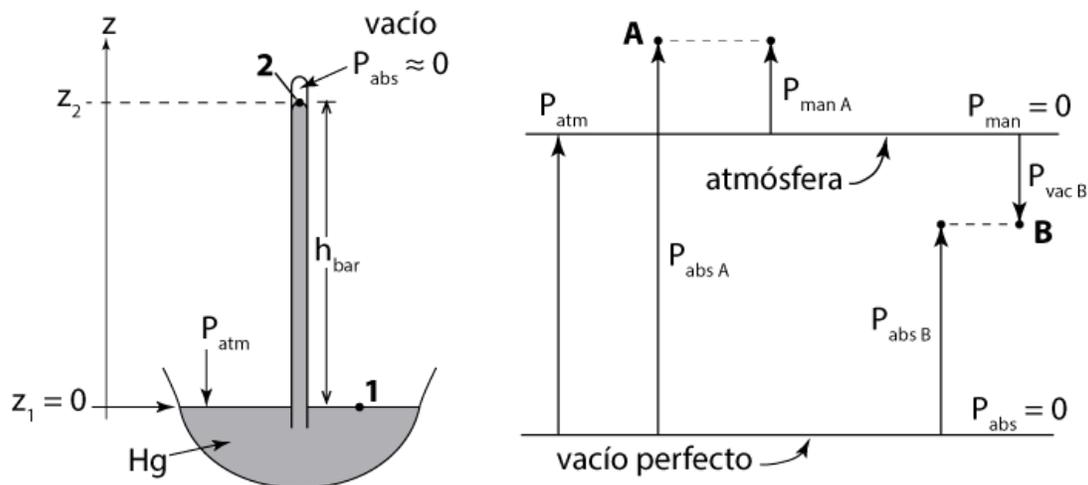
$$\delta = \underline{\hspace{10cm}}$$

- d) el volumen específico v

$$v = \underline{\hspace{10cm}}$$

Actividad 4

A partir de la ecuación que resulta del gradiente de presión aplicada entre los puntos 1 y 2, del diagrama del barómetro mostrado, determinar la presión atmosférica en el laboratorio, a partir de la lectura de la altura barométrica que indica el instrumento del laboratorio.



	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	20/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$P_1 - P_2 = -\rho_{Hg} g (z_1 - z_2)$$

5. Cuestionario

- ¿Qué nombre recibe la cantidad física que relaciona la fuerza aplicada perpendicularmente sobre una superficie de un fluido? y ¿en qué unidades del SI se mide?
- ¿Un manómetro siempre debe medir presiones mayores que la de la atmósfera? Justifique su respuesta.
- ¿Un manómetro siempre debe medir presiones comparativamente con el entorno? Justifique su respuesta.
- ¿En qué lugar del planeta, habitado por seres humanos, se tiene la mayor altura barométrica?
- ¿Qué instrumento se utiliza para medir la presión atmosférica en cualquier ubicación geográfica? Describa su principio de funcionamiento

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	21/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 4

Temperatura y calor

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	22/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
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 con agua, antes de energizar la fuente.	Si la resistencia no está sumergida, puede explotar y ocasionarle daño al usuario.

2. Objetivos de aprendizaje

- Obtener el modelo gráfico de la variación de la energía interna (ΔU) de una sustancia en función de su temperatura (T).
- Obtener el modelo matemático de la gráfica del inciso anterior.
- Determinar la capacidad térmica (C) y la capacidad térmica específica a presión constante (c_p) de la sustancia empleada.
- Calcular el error de exactitud en el valor experimental de la capacidad térmica específica del agua, en su fase líquida.

3. Material y equipo

Cantidad	Material
1	Resistencia de inmersión
1	Termómetro de bulbo con alcohol de -10 a 260 [°C]
1	Balanza de triple brazo con masas de 500 [g] y 1 [kg]
1	Vaso de 400 ml
1	Jeringa de 5 ml
1	Watthorímetro
1	Termo (vaso de Dewar)

4. Desarrollo

Actividad 1

- En el termo depositar aproximadamente 600 gramos de agua para cubrir la resistencia de inmersión que está acoplada al recipiente, registrar la cantidad de agua utilizada como:

Masa de agua _____[g]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	23/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Cerrar el sistema y colocar en el interior de él, un termómetro de bulbo con alcohol.
3. Registrar la temperatura inicial (T_{inicial}) en la tabla 1.
4. Verificar que el wathorímetro se encuentra apagado, conéctelo a la corriente y conecte el cable de la resistencia al wathorímetro.
5. Encender el wathorímetro y tome las lecturas de la temperatura cada 3 vueltas del disco del wathorímetro hasta una temperatura final de 80 [°C]. Registrar en la tabla 1.
6. De acuerdo con la 1ª Ley de la Termodinámica aplicada a un sistema cerrado tenemos que $Q + W = \Delta U$, pero como no hay trabajo, se tiene $Q = \Delta U$.

Siendo $Q = kN = \Delta U$

Donde:

Q = Calor

ΔU = Cambio en la energía interna del sistema

k = Constante del wathorímetro

N = Número de vueltas

Tabla 1

Evento	No. de vueltas N	T [°C]	$Q = \Delta U = k N$ [J]	ΔT [°C]
1		T_{inicial}		
2		.		
3		.		
4		.		
.		.		
n		T_{final}		

Actividad 2

Con base en la tabla anterior, dibuje el modelo gráfico de la variación de energía interna (ΔU), en [J], en función de la temperatura (T), en [°C], del agua. Con el método del mínimo de las sumas de los cuadrados, determine también el modelo matemático de dicha función.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	24/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



modelo matemático: _____

Actividad 3

Apoyándose en el modelo matemático anterior, determine la capacidad térmica y la capacidad térmica específica a presión constante de la sustancia. No olvide las unidades correspondientes.

Capacidad térmica (C): _____

Capacidad térmica específica a presión constante (c_p): _____

Actividad 4

Calcule el porcentaje de exactitud en el valor de la capacidad térmica específica a presión constante del agua en su fase líquida. Considere que el valor de referencia de esta propiedad es $c_p = 4\,186 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta^\circ\text{C)]}$.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	25/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

- Con base en la actividad 1, ¿cómo podría explicarse la ley cero de la Termodinámica?
- Expresé el resultado de la actividad 1 en la escala de temperatura absoluta del SI.
- Haga la gráfica de la variación de la energía interna (ΔU) en función de la temperatura de la sustancia (T) de manera que ambas variables estén en el SI.
- Compare la gráfica del punto anterior con la que obtuvo en la actividad 3, ¿qué puede concluir?
- Clasifique las propiedades de la actividad 4 en intensivas o extensivas. Justifique su respuesta.
- ¿Es la temperatura una propiedad intensiva o extensiva? Explique.
- ¿Es el calor una propiedad de las sustancias? ¿Por qué?
- Elabore una tabla donde se indiquen las cantidades físicas involucradas en esta práctica, sus unidades y su expresión dimensional (ambas en el SI).

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	26/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

8.Anexo

Expresiones matemáticas necesarias

$$\Delta U = m c_p \Delta T$$

Método del mínimo de las sumas de los cuadrados:

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	27/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 5

La primera ley de la Termodinámica para sistemas cerrados

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	28/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Termómetro de inmersión.	Es frágil y se puede romper. No debe agitarse.
2	Calorímetro de unicel, no debe rayarse o romperse.	Es muy frágil y puede dañarse. No debe colocarse directamente a la parrilla cuando esté encendida.

2. Objetivos de aprendizaje

- a) Identificar y clasificar un sistema termodinámico.
- b) Determinar en forma experimental la capacidad térmica específica de un material mediante la aplicación de las leyes cero y primera de la Termodinámica para sistemas cerrados.
- c) Distinguir la diferencia entre capacidad térmica específica y entalpías de transformación (de fusión y de ebullición).
- d) Determinar la entalpia de fusión del agua y compararlo con el valor teórico.
- e) Obtener experimentalmente la temperatura de ebullición de una sustancia y comprobar que, a presión constante, la temperatura de la sustancia permanece constante durante el cambio de fase.

3. Material y equipo

Cantidad	Material
1	Calorímetro de unicel con tapa
1	Balanza granataria
1	Vaso de precipitados de 600 [ml]
1	Vaso de precipitados de 50 [ml]
1	Parrilla eléctrica
1	Muestra de un material sólido (monedas)
1	Jeringa de 10 [ml]
1	80 [g] de agua líquida
1	Termómetro de inmersión
1	Cubo de hielo de aprox. 50 [g]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	29/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo

Actividad 1

Mida la masa del material disponible y determine su temperatura inicial. Para esto puede sumergir las monedas en un vaso de precipitados con agua y un minuto después medir la temperatura, ésta será la temperatura inicial del metal. Elimine el agua, seque perfectamente la muestra de metal y deposítela en el calorímetro con mucho cuidado.

$$\text{masa de las monedas} = \text{_____} [kg] \quad T_{\text{inicial } m} = \text{_____} [^{\circ}C]$$

Actividad 2

Mida una masa de 80 [g] de agua líquida y con la ayuda de la parrilla eleve su temperatura hasta alcanzar 40 [°C], ésta será la temperatura inicial del agua. Retire inmediatamente de la parrilla, vierta esta agua al calorímetro y tápelo. Mida la temperatura de equilibrio (T_{eq}) de la mezcla aproximadamente un minuto después de haberla hecho y registre ese dato.

$$T_{eq} = \text{_____} [^{\circ}C]$$

Actividad 3

Con base en la actividad anterior y en la primera ley de la Termodinámica, determine la capacidad térmica específica del material empleado. Considere que $c_{\text{agua líquida}} = 4186 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta^{\circ}C)]$.

$$\text{Capacidad térmica específica del material: } \text{_____} \text{ [J/(kg} \cdot \Delta^{\circ}C)]$$

Actividad 4

Mida la masa del hielo y registre su valor.

$$\text{masa hielo: } \text{_____} [kg]$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	30/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 5

Tome el hielo y mézclelo con una masa de agua líquida tomada directamente de la llave, que sea igual a la masa del hielo en el calorímetro. Una vez que lo tape, espere a que ocurra el equilibrio térmico y mida la temperatura inicial de la mezcla.

masa hielo con agua = _____ [kg]

Temperatura inicial hielo con agua = _____ [°C]

Actividad 6

Anote el error sistemático que presentó el termómetro en la actividad anterior.

Error sistemático: _____ [°C]

Actividad 7

Con ayuda de la parrilla, eleve la temperatura de una masa de agua líquida que sea cinco veces la del hielo, a 30 [°C]. Agregue esta agua al calorímetro, tápele y mida ahora la temperatura de equilibrio.

Temperatura de equilibrio: _____ [°C]

Con base en la primera ley de la Termodinámica para sistemas cerrados y el error sistemático determinado en la actividad 6, determine la entalpia de fusión del agua. Considere que $c_{\text{agua líquida}} = 4186 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta^{\circ}\text{C)]}$.

$h_{\text{fusión}} = \text{_____ [J/kg]}$

Actividad 8

Vierta la mezcla a un vaso de precipitados y caliéntela con la parrilla hasta su temperatura de ebullición. Registre la temperatura de ebullición del agua, en la CDMX:

$T_{\text{ebullición}} = \text{_____ [°C]}$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	31/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

1. Considerando que el sistema termodinámico es el contenido del calorímetro, identifique el tipo de sistema en los dos experimentos. Justifique su respuesta.
2. Investigue el valor de referencia de las entalpias de transformación (de fusión y de ebullición) para el agua.
3. Con base en la pregunta anterior, determine el porcentaje de error de exactitud para el resultado de la actividad 7.
4. Dibuje la curva de calentamiento para el agua, a la presión atmosférica de la CDMX, indicando las temperaturas de fusión y de ebullición.
5. Escriba la expresión dimensional, en el SI, de las cantidades físicas referidas en la pregunta 2.

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

8. Anexo

Expresiones matemáticas necesarias

$$Q + W = U$$

$$\Delta U = m c \Delta T$$

$$Q_{\text{fusión}} = m_{\text{que cambia de fase}} h_{\text{fusión}}$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	32/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 6

El aire como gas ideal

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	33/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manipule con mucho cuidado los recipientes y la manguera que contiene mercurio.	El mercurio se puede derramar y éste es tóxico al inhalar sus vapores.

2. Objetivos de aprendizaje

- Calcular la presión absoluta en una masa de aire comprimido con el empleo de la ecuación resultante del gradiente de presión.
- Determinar el volumen que ocupa una masa de aire comprimido en un tubo cilíndrico.
- Establecer la relación que existe entre la presión absoluta de una masa de aire y el volumen que ocupa, manteniendo su temperatura constante.
- Concluir respecto a la aplicación de la Ley de Boyle al aire atmosférico y un supuesto comportamiento como gas ideal.
- Calcular algunas de las propiedades, tanto intensivas como extensivas, del aire tales como la masa m , la densidad ρ , el peso específico γ , la densidad relativa δ , el volumen específico v y la temperatura absoluta T .
- Calcular el trabajo realizado sobre el gas ideal al comprimirlo desde su volumen inicial hasta su volumen final, en un proceso isotérmico.

3. Material y equipo

Cantidad	Material
1	Aparato de Mariotte-Leblanc

4. Desarrollo

Actividad 1

Registre los valores de las propiedades siguientes, en relación con la atmósfera y las condiciones del entorno. Considere que $P_{CDMX} = 58 [cm \text{ de Hg}]$.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	34/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

a) Temperatura empírica = _____ [°C] y $T_{abs} =$ _____ [K]

b) $P_{man} =$ _____ [Pa] y $P_{abs} =$ _____ [Pa]

Recuerde que en el barómetro: $P_{ambiente} = \rho_{Hg} |\vec{g}| h_{bar}$, en la cual sabemos que $\rho_{Hg} \approx 13\,600 \frac{kg}{m^3}$ y $g_{CDMX} = 9.78 \frac{m}{s^2}$.

Actividad 2

Liberar el tornillo de la pinza de sujeción que sella la manguera de látex, hasta que en ambas ampollas del aparato de Mariotte-Leblanc, el mercurio llegue al mismo nivel, como se muestra en la Figura 1.

Apretar el tornillo de dicha pinza para dejar confinado el volumen de aire a la presión del ambiente y registrar su valor.

$$V_{inicial} = \text{_____} [m\ell] = \text{_____} [m^3]$$

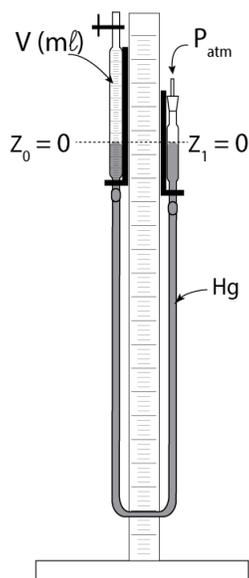


Figura 1. Aparato de Mariotte Leblanc

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	35/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

Desplace en forma ascendente la ampolleta del lado derecho del equipo, de manera que su menisco de mercurio suba un centímetro con respecto a su posición inicial ($z_1 = 0$), es decir, ahora $z_1 = 1$ [cm]. Considere que el menisco del mercurio de la ampolleta del aire comprimido tiene $z_0 = 0$ como se muestra en la Figura 2. Registre el valor correspondiente al volumen (V_1) del aire comprimido en la ampolleta izquierda.

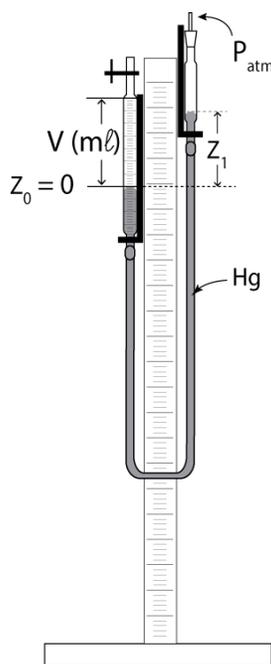


Figura 2. Aparato de Mariotte Leblanc

Incrementando el valor de z_1 de centímetro en centímetro, regístrelo en la tabla siguiente, así como el volumen correspondiente del aire comprimido en [ml]. Repita esta operación y concentre las mediciones en la tabla. Recuerde que 1 [ml] = 1 [cm³].

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	37/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4

Complete el llenado de la tabla anterior y obtenga el valor más representativo de la última columna con sus unidades correspondientes en el SI.

$$(P_0)_{abs} V = \underline{\hspace{10em}} [\quad]$$

5. Cuestionario

- Dibuje la gráfica de la presión absoluta $(P_0)_{abs}$ en función del volumen (V) del aire comprimido. Considere las variables involucradas en el SI.
- Proponga una ecuación para la curva resultante y escriba el nombre de la ley de los gases que le corresponde.
- Considere que para el aire la capacidad térmica específica a presión constante es $c_p = 1\,003.7 [J/(kg \cdot ^\Delta K)]$ y la capacidad térmica específica a volumen constante es $c_v = 717 [J/(kg \cdot ^\Delta K)]$. Calcule el índice adiabático del aire y el valor de su constante particular. No olvide indicar sus unidades en el SI.
- Suponga un comportamiento de gas ideal para el aire y por ende regido por la ecuación de estado:

$$P_{abs} V = m R T_{abs}$$
 en la cual “ m ” indica la masa del aire comprimido. Calcule el valor de la masa del aire en unidades del SI.
- Calcule la densidad máxima del aire lograda en la compresión, así como la densidad promedio de la atmósfera en el laboratorio.
- Identifique el tipo de proceso realizado con el aire y calcule el trabajo desarrollado sobre éste, considerándolo como una sustancia simple compresible. Recuerde que: ${}_A W_B = - \int_A^B P dV \left[\frac{J}{kg \cdot ^\Delta K} \right]$.
- Elabore la gráfica de la presión absoluta $(P_0)_{abs}$ en función del volumen específico (v) del aire comprimido y compárela con la

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	38/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

obtenida en la pregunta 1 de este cuestionario.

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	39/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 7

Balance de energía en sistemas termodinámicos abiertos

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	40/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Mantenga alejada la fuente de poder del flujo de agua.	Se puede mojar y provocar un corto circuito.
2	No quitar los termómetros de inmersión del equipo montado.	Son frágiles y se pueden romper.

2. Objetivos de aprendizaje

- a) Identificar de forma objetiva los términos que intervienen en la ecuación de la primera ley de la Termodinámica para sistemas abiertos.
- b) Identificar en un dispositivo experimental cada uno de los términos de la primera ley de la Termodinámica para sistemas abiertos.
- c) Realizar el balance de energía, en el dispositivo experimental, que nos permita cuantificar el flujo de masa en el sistema.
- d) Comparar el flujo de masa calculado con el que se mide experimentalmente.
- e) Explicar las razones de las diferencias entre los valores de los incisos anteriores.

3. Material y equipo

Cantidad	Material
2	Termómetros de inmersión
4	Cables largos de conexión
1	Calorímetro de flujo continuo
1	Fuente de poder de 0 a 40 [V]
1	Cronómetro
1	Recipiente grande (cubeta)
1	Vaso de precipitados de 2 [l]
1	Flexómetro

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	41/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo

Actividad 1

Abra la llave y llene con agua aproximadamente el 80% del calorímetro de flujo continuo, elimine el aire que quedó atrapado al principio del tubo, y al lograrlo, cierre la llave.

Actividad 2

Abra muy poco la llave para establecer un flujo estable de agua y recupere el líquido en el recipiente grande. Observe las lecturas de los termómetros en los puntos 1 y 2, mostrados en la figura 1, registre dicho valor en la escala de Celsius.

$$T_1 = \text{_____} [\quad]$$

$$T_2 = \text{_____} [\quad]$$

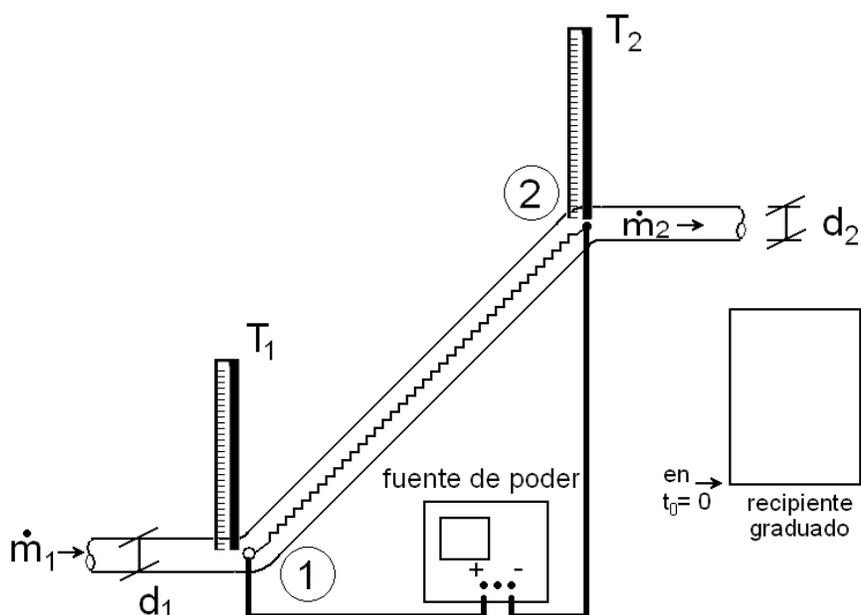


Figura 1. Calorímetro de flujo continuo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	42/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

Energice el calorímetro en el instante $t_0 = 0[s]$, con la diferencia de potencial nominal máxima de la fuente de poder (V_{12}) y mida tanto este valor como la corriente eléctrica en el calorímetro. A partir de este instante, recolecte el agua que pasa por el calorímetro para determinar el volumen que se acumulará.

$$V_{12} = \text{_____}[V]$$

$$I = \text{_____}[A]$$

Tome como $t_0 = 0[s]$, el instante de cierre del circuito; se sugiere una duración tal que permita que el volumen de agua acumulado sea de 2 [ℓ]. Al cabo de este lapso, abra el circuito y cierre la llave de alimentación. Anote el lapso requerido.

$$\Delta t = \text{_____}[s]$$

Actividad 4

Calcule la potencia eléctrica ($P_{eléc}$) suministrada por la fuente:

$$P_{eléc} = V_{12} I; \quad P_{eléc} = \text{_____} [\quad]$$

Actividad 5

Registre los datos y valores de las propiedades del agua (nuestro sistema) que permitan calcular el flujo de masa en el calorímetro.

$$T_1 = \text{_____} [\quad] \quad \text{y} \quad T_2 = \text{_____} [\quad]$$

$$z_1 = \text{_____} [\quad] \quad \text{y} \quad z_2 = \text{_____} [\quad]$$

¿Qué otros datos se requieren?

Actividad 6

Determine el volumen de agua acumulado en el recipiente en el SI.

$$V = \text{_____}[\ell] = \text{_____}[m^3]$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	43/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

- Si la ecuación de la primera ley de la Termodinámica para un proceso, en un sistema abierto, como el realizado en esta práctica se puede escribir como:

$$m_e \left(g z_e + \frac{|\vec{v}|_e^2}{2} + u_e \right) - m_s \left(g z_s + \frac{|\vec{v}|_s^2}{2} + u_s \right) + Q + W_{eje} + W_{exp} + W_{flujo} = (\Delta E)_{\text{sistema abierto}}$$

donde: $W_{flujo} = m_e(P_e v_e) - m_s(P_s v_s)$, escriba la ecuación resultante al considerar que el proceso se realizó con flujo estable (permanente) y estado estacionario.

- ¿Cuál(es) de las tres afirmaciones siguientes es (son) razonable(s) considerar en este caso? $W_{exp} = 0$, $W_{eje} = 0$, $W_{flujo} = 0$. Explique.
- ¿Cómo queda la ecuación de la primera ley de la Termodinámica con estas consideraciones?
- Aplicando el principio de continuidad, ¿cómo considera el módulo de la velocidad del agua a la salida con respecto al módulo de la velocidad del agua a la entrada?
- ¿Es válido cuantificar la variación de la entalpía específica, Δh , como $\Delta h = c_p \Delta T$? Explique.
- Calcule el flujo de masa teórico que resulta con la primera ley de la Termodinámica.
- Determine el flujo de masa \dot{m}_{exp} obtenido experimentalmente y compárelo con el obtenido en la pregunta anterior.
- Determine el % error del gasto másico teórico obtenido, tomando como valor de referencia el gasto másico experimental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	44/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.
- Cengel, Yunus A., Boles, Michael A. Termodinámica, Octava Edición, Ciudad de México, 2015.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	45/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 8

Análisis termodinámico de una bomba de calor

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	46/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Manipule con cuidado la bomba de calor, sólo puede funcionar como máximo 15 minutos continuos.	Si excede el lapso indicado, la bomba se apagará automáticamente.
2	Evite derramar agua sobre el compresor.	Es un equipo eléctrico y puede provocarse un circuito corto.

2. Objetivos de aprendizaje

- a) Identificar las partes esenciales que componen el ciclo básico de refrigeración por la compresión de un vapor.
- b) Identificar y cuantificar los flujos energéticos en el ciclo mencionado en el punto anterior.
- c) Determinar el coeficiente de operación de la bomba de calor operando como refrigerador.
- d) Conocer, a partir del análisis de un ciclo de refrigeración, algunas limitantes que establece la segunda ley de la Termodinámica.
- e) Construir el diagrama termodinámico (v, P), que describen los procesos termodinámicos que se llevan a cabo en el ciclo.

3. Material y equipo

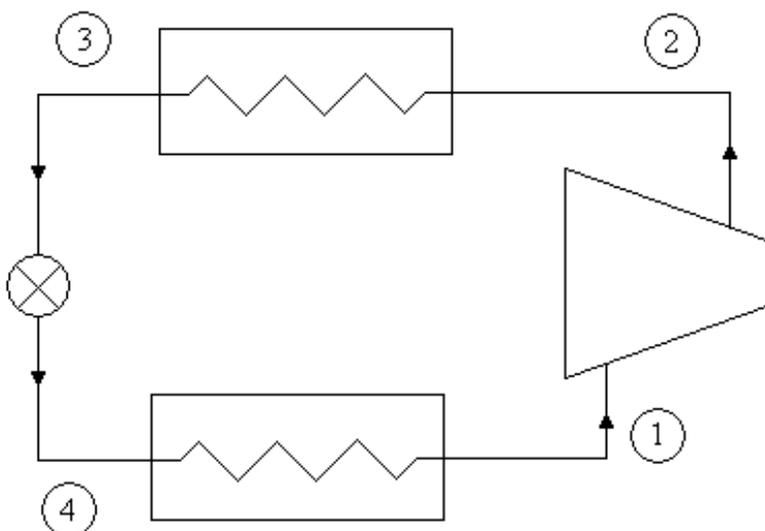
Cantidad	Material
1	Termómetro digital con dos puntas sensores
1	Bomba de calor PT (refrigerador)
8	Litros de agua
1	Cronómetro digital
2	Agitadores de plástico

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	47/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo

Actividad 1

En el siguiente diagrama, identifique las partes esenciales que componen un ciclo de refrigeración por la compresión de un vapor. Señale también los flujos energéticos asociados a cada aparato.



Actividad 2

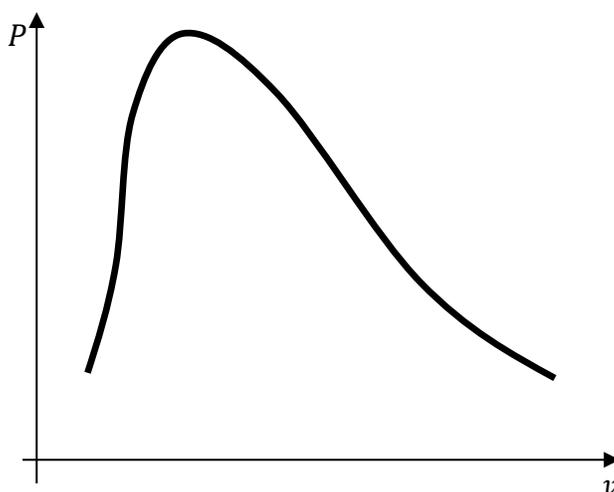
Dibuje una representación física de la bomba de calor PT que se le proporcionó, indicando las partes básicas del ciclo de acuerdo con la actividad anterior. Identifique la sustancia activa (refrigerante) que emplea el equipo.

Sustancia activa: _____

Actividad 3

En la siguiente figura, que representa una gráfica de la presión (P) en función del volumen específico (v) para una sustancia, dibuje cómo se representarían los procesos asociados al ciclo de la actividad anterior. No olvide indicar los cuatro estados que se muestran en la figura de la actividad 1.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	48/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Actividad 4

Establezca las características estáticas de los medidores instalados en el dispositivo. Observe con detenimiento las dos escalas que presenta el instrumento y no olvide anotar las unidades correspondientes.

Medidor de carátula de la izquierda

	Presión	Temperatura
Rango		
Resolución		
Legibilidad		

Medidor de carátula de la derecha

	Presión	Temperatura
Rango		
Resolución		
Legibilidad		

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	49/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 5

En cada recipiente del equipo proporcionado coloque 4 litros de agua. Mida la temperatura de cada cantidad de agua. Éstas serán las temperaturas iniciales.

i) *En el evaporador:*

$$T_{inicial} = \text{_____} [^{\circ}C] = \text{_____} [K]$$

ii) *En el condensador:*

$$T_{inicial} = \text{_____} [^{\circ}C] = \text{_____} [K]$$

Actividad 6

Ponga a funcionar el dispositivo durante 10 minutos. Mida las temperaturas finales del agua en los recipientes, no olvide homogeneizar el agua con el agitador antes de tomar las lecturas. Por otra parte, mida las presiones (alta y baja) del refrigerante, así como las temperaturas de saturación correspondientes, con ayuda de los medidores instalados en el dispositivo.

Para el agua:

i) *En el evaporador:*

$$T_{final} = \text{_____} [^{\circ}C] = \text{_____} [K]$$

ii) *En el condensador:*

$$T_{final} = \text{_____} [^{\circ}C] = \text{_____} [K]$$

Para el refrigerante:

i) $P_{baja} = \text{_____} [bar] = \text{_____} [Pa];$

$$T_{sat} = \text{_____} [^{\circ}C]$$

ii) $P_{alta} = \text{_____} [bar] = \text{_____} [Pa];$

$$T_{sat} = \text{_____} [^{\circ}C]$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	50/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 7

Con base en los resultados obtenidos, cuantifique los flujos energéticos asociados al agua del evaporador y al agua del condensador. Considere que para el agua en su fase líquida $c_p = 4186 \text{ [J/(kg}^\Delta\text{K)]}$ y $Q = m c_p \Delta T$.

A partir del resultado anterior, determine los flujos energéticos para el refrigerante en el evaporador y en el condensador.

En el agua:

$$Q_{\text{evaporador}} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$$

$$Q_{\text{condensador}} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$$

En el refrigerante:

$$Q_{\text{evaporador}} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$$

$$Q_{\text{condensador}} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$$

Actividad 8

De acuerdo con la primera ley de la Termodinámica para un ciclo, determine el trabajo en el compresor.

$$W_{\text{compresor}} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$$

Calcule la potencia en el compresor, considerando el tiempo de operación.

$$\dot{W}_{\text{compresor}} = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$$

Actividad 9

Determine el coeficiente de operación del dispositivo. Recuerde que:

$$\beta = \frac{\text{lo que se desea}}{\text{lo que hay que aportar}}. \text{ No olvide anotar sus unidades.}$$

$$\text{coeficiente de operación} = \beta = \underline{\hspace{2cm}} [\quad]$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	51/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

1. Investigue las propiedades físicas y químicas principales de la sustancia de trabajo (refrigerante) del dispositivo.
2. ¿En qué condición física la presión del sistema determina el valor de la temperatura?
3. ¿Por qué razón en el dispositivo, las escalas de presión y temperatura de los medidores no se presentan en forma independiente?
4. Elabore una gráfica como la de la actividad 3, indicando el mayor número de propiedades que determinó en esta práctica para los cuatro estados principales del ciclo de refrigeración.
5. Identifique los depósitos térmicos asociados al ciclo en el dispositivo empleado.
6. Haga un esquema de un refrigerador doméstico identificando los depósitos térmicos del punto anterior.
7. Con base en las actividades realizadas en la práctica, ¿cómo podría verificarse el postulado de Clausius?

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	52/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 9

Carga y corriente eléctricas

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	53/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Maneje con cuidado la piel de conejo.	Es muy delicada y se puede dañar fácilmente.
2	Las dos perillas de la fuente de alimentación deben estar giradas en sentido antihorario.	Si no lo hace puede suministrar una corriente o una diferencia de potencial no deseada y dañar el resistor.

2. Objetivos de aprendizaje

- a) Formarse el concepto de carga eléctrica, a partir de experimentos.
- b) Conocer el principio de funcionamiento de un electroscopio.
- c) Descubrir e identificar los tipos de carga eléctrica que existen, a partir de la convención de Benjamín Franklin.
- d) Obtener el modelo gráfico de la diferencia de potencial V_{ab} entre los extremos de un resistor en función de la corriente eléctrica que circula por él.
- e) Obtener el modelo matemático de la gráfica del inciso anterior.
- f) A partir de la ecuación de Ohm, identificar el significado físico de la pendiente del modelo gráfico obtenido.

3. Material y equipo

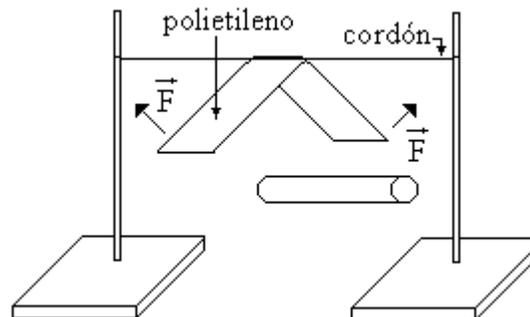
Cantidad	Material
2	Bases universales
2	Varillas de 1 [m]
1	Tira de polietileno de 50 [cm] por 3 [cm] aproximadamente
1	Cordón de 2 [m] aproximadamente
5	Barras cilíndricas de vidrio, ebonita, acrílico, PVC y nylon
3	Frotadores: piel de conejo, seda y franela
1	Fuente de poder de 0 a 40 [V]
1	Voltímetro analógico de 0 a 50 [V]
1	Resistor de 220 [Ω]
4	Cables de conexión

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	54/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo

Actividad 1

Arme un electroscopio (dispositivo que permite detectar la presencia de carga eléctrica) como se muestra en la figura, y con ayuda de la convención de Benjamín Franklin identifique el tipo de exceso de carga que adquiere la tira de polietileno, después de ser frotada con franela.



Tipo de carga de la tira de polietileno: _____

Actividad 2

Utilizando el electroscopio y apoyándose en la actividad anterior, frote cada barra con cada uno de los materiales disponibles, acerque la barra con carga eléctrica a los extremos de la tira de polietileno y sin tocarla, concluya el signo de la carga de la barra; registre los resultados en la tabla siguiente:

barra frotador	acrílico	ebonita	PVC	vidrio	nylon
franela					
piel		-			
seda				+	

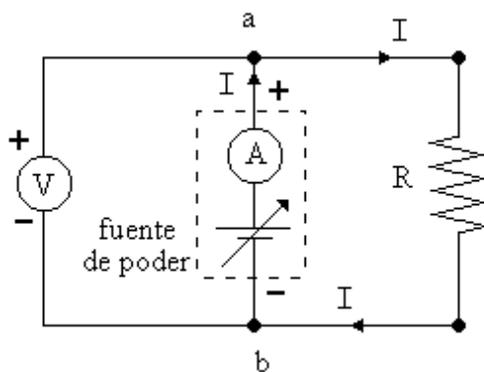
Actividad 3

Arme un circuito eléctrico como el mostrado en el diagrama eléctrico, considerando que el resistor no tiene polaridad.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	55/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Con el voltímetro analógico mida la diferencia de potencial que existe entre los puntos a y b , correspondientes a los valores de corriente eléctrica que mide el amperímetro integrado en la fuente de poder y llene la tabla de datos.

I [A]	$V_{ab\ 1}$ [V]	$V_{ab\ 2}$ [V]	$V_{ab\ 3}$ [V]	\bar{V}_{ab} [V]	P [W]
0.02					
0.04					
0.06					
0.08					
0.10					
0.12					



Actividad 4

Con base en los datos de la tabla anterior y con ayuda de un par de escuadras, trace la gráfica que relaciona a la diferencia de potencial V_{ab} en función de la corriente eléctrica I . No olvide acotar los ejes con sus unidades correspondientes.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	56/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Actividad 5

Con el método de los mínimos de las sumas de los cuadrados, obtenga el modelo matemático que representa al modelo gráfico anterior. No olvide las unidades, en el SI, de cada término.

modelo matemático: _____

Actividad 6

Registre los valores nominales de resistencia y potencia máxima, y las incertidumbres proporcionados por el fabricante.

5. Cuestionario

1. Con base en la ecuación de Ohm, deduzca el significado físico de la pendiente de la gráfica correspondiente al modelo matemático de la actividad 5. Justifique su respuesta.
2. Obtenga la expresión dimensional, en el SI, para cada término de la ecuación obtenida en la actividad 5.
3. Calcule el porcentaje de exactitud para el valor del resistor utilizado, tomando como valor patrón el que registró en la actividad 6.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	57/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Verifique si el valor del resistor obtenido experimentalmente está contenido en el intervalo que se define con la información de la actividad 6.
5. En cada renglón de la tabla de la actividad 3, calcule, con la ley de Joule, la potencia disipada por el resistor. Verifique si alguno de estos valores excede la potencia máxima que registró en la actividad 6.

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.
- JARAMILLO M. Gabriel., Electricidad y Magnetismo, 2da. Preedición, México, Facultad de Ingeniería, UNAM., Trillas, 2004.

8. Anexos

Expresiones matemáticas necesarias

$$i = \frac{dq}{dt} \left[\frac{C}{s} \right] \quad V_{ab} = \frac{bW_a}{q} \left[\frac{J}{C} \right] \quad V_{ab} = R I \quad P = V_{ab} I$$

Expresiones del método del mínimo de las sumas de los cuadrados:

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	58/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 10

Campo magnético

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	59/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Los imanes de barra y de herradura son extremadamente frágiles.	Se pueden romper e inutilizar, si se golpean o se dejan caer
2	El teslámetro es muy delicado.	La bobina del instrumento se puede quemar.

2. Objetivos de aprendizaje

- a) Detectar la presencia de campo magnético \vec{B} e identificar los polos magnéticos de un imán.
- b) Expresar en un enunciado las interacciones entre dos polos magnéticos de iguales y de diferentes nombres.
- c) Validar experimentalmente la ley de la fuerza magnética que actúa sobre una carga móvil en un campo magnético.
- d) Validar experimentalmente la ley de la fuerza magnética que actúa sobre un conductor con corriente dentro de un campo magnético.
- e) Medir el campo magnético producido por una corriente eléctrica en un solenoide, en uno de sus extremos.
- f) Detectar la influencia de los materiales en los fenómenos magnéticos.

3. Material y equipo

Cantidad	Material
1	Caja con limadura de hierro
1	Brújula
2	Imanes de barra [recuerde que son extremadamente frágiles]
1	Imán de herradura
1	Fuente de alimentación de 0 a 10 [V]
1	Base
1	Varilla de 70 [cm]
1	Soporte de conductor
2	Cables de 1 [m]

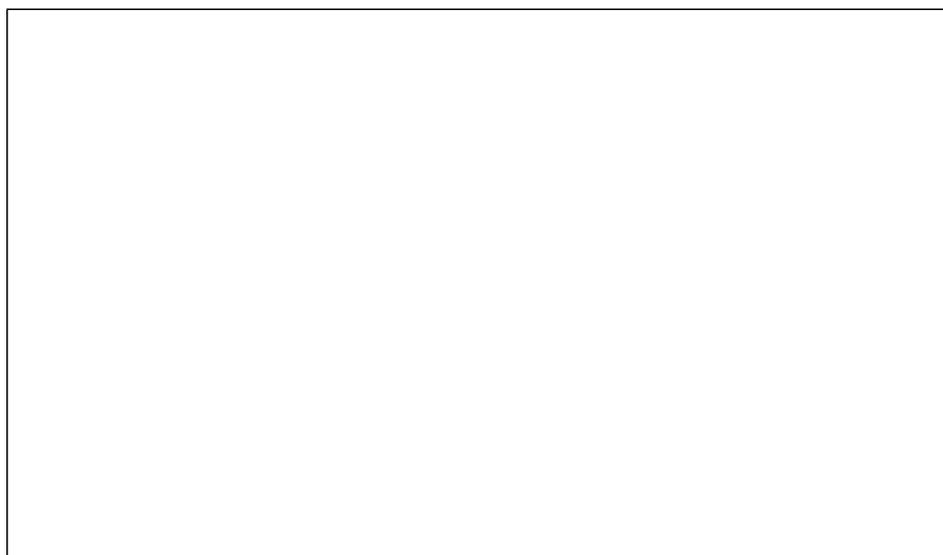
	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	60/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1	Conductor en forma de U
1	Bobina de inducción
3	Núcleos: uno de aluminio, uno de hierro y otro de cobre
1	Teslámetro con punta axial
1	Metro de hilo de cáñamo
1	Flexómetro
1	Osciloscopio (para uso del profesor)

4. Desarrollo

Actividad 1

Con ayuda de la brújula y con sus nociones sobre orientación geográfica, identifique los cuatro puntos cardinales en el laboratorio.



Actividad 2

Suspenda cada uno de los imanes de barra, atados en su parte media con el hilo de cáñamo y dejándolo girar, identifique como polo norte **N** al extremo del imán que apunte al norte geográfico y similarmente identifique el polo sur **S**. Hacer el diagrama de cómo se identificaron los 2 polos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	61/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

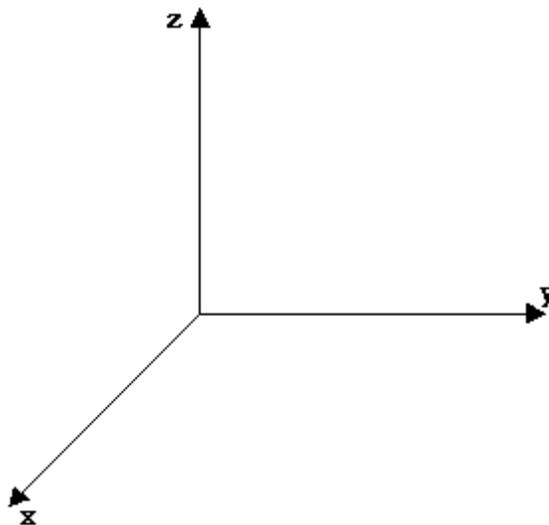
Con las recomendaciones anteriores, analice las fuerzas de interacción entre los polos de igual nombre y entre los polos de nombre diferente, enuncie sus resultados:

Polos magnéticos iguales: _____

Polos magnéticos diferentes: _____

Actividad 4

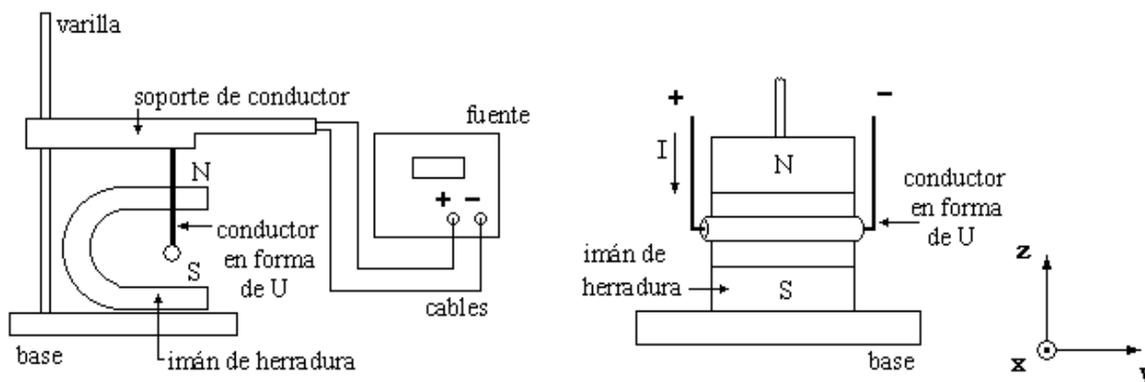
Con el empleo del osciloscopio, haga incidir el haz electrónico en el centro de la pantalla, cancelando el barrido horizontal de la base de tiempo. Acerque lo más posible un polo del imán y observe la desviación del haz electrónico; deduzca la dirección de la fuerza magnética sobre el electrón, es decir, la fuerza que desvía al haz electrónico. Indique en el sistema de referencia siguiente las direcciones de: el campo magnético aplicado \vec{B} , la velocidad de los electrones \vec{v} y la fuerza magnética \vec{F} .



	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página:	62/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 5

Arme el dispositivo experimental indicado en la figura siguiente y haga circular una corriente constante $I = 4 [A]$, si esto es posible, detecte si existe interacción alguna entre el conductor y el imán de herradura, cuyos polos deben identificarse de antemano.

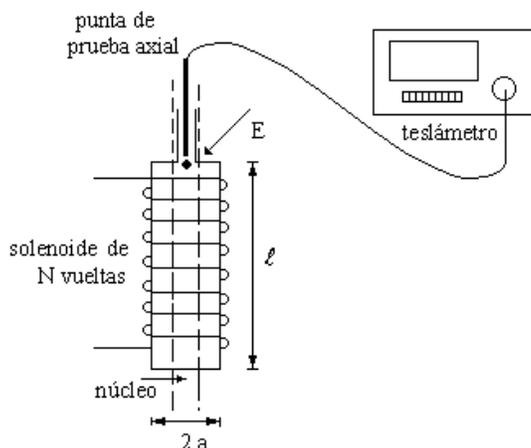


Invierta la polaridad de los cables de alimentación en la fuente y observe la interacción entre el conductor y el campo magnético \vec{B} del imán.

Actividad 6

Ajuste el teslámetro con su punta de prueba axial, de acuerdo con las instrucciones del apéndice de esta práctica. Varíe la corriente en la fuente, registre la lectura en el punto E (extremo) del solenoide con núcleo de aire y registre los resultados en la tabla siguiente. Mida y anote el valor de la longitud (ℓ) del solenoide.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	63/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



I [A]	B_E [mT]
1	
2	
3	
4	

donde $B_E = |\vec{B}_E|$

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

Actividad 7

Mida la magnitud del campo magnético $|\vec{B}_E|$ con la corriente máxima empleada, pero ahora con los núcleos de otros materiales:

- i) con aluminio (material paramagnético) $|\vec{B}_E|_p = \underline{\hspace{10em}} [\quad]$
- ii) con cobre (material diamagnético) $|\vec{B}_E|_d = \underline{\hspace{10em}} [\quad]$
- iii) con hierro (material ferromagnético) $|\vec{B}_E|_f = \underline{\hspace{10em}} [\quad]$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	64/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

- Trace un dibujo de nuestro planeta en el que se indiquen sus polos magnéticos y sus polos geográficos.
- De acuerdo con el sistema de referencia de la actividad 4 y con las mismas condiciones de \vec{B} y de \vec{v} de las partículas, ¿cambiaría la dirección de la fuerza magnética \vec{F} si las partículas móviles fuesen protones en lugar de electrones? Explique.
- Ilustre, a través de dibujos, la interacción entre conductor e imán en cada caso de la actividad 5. En el sistema de referencia tridimensional mostrado en dicha actividad, dibuje las direcciones de: el campo magnético del imán \vec{B} , el vector longitud del conductor $\vec{\ell}$, cuyo sentido está dado asociado con la corriente I y la dirección de la fuerza magnética \vec{F} , sobre el conductor.
- Proponga el modelo matemático que determine el vector fuerza magnética \vec{F} , en función de las cantidades físicas involucradas en la pregunta anterior.
- Con el método del mínimo de las sumas de los cuadrados encuentre la ecuación $B_E = f(I)$, en el SI, de la mejor recta que pasa por los puntos experimentales obtenidos en la actividad 6.
- Trace la gráfica $B_E = f(I)$ que corresponde al modelo matemático de la pregunta anterior.
- Si se sabe que la magnitud del campo magnético en el extremo de un solenoide largo ($\ell \gg a$) se obtiene con la expresión:

$$B_E = \frac{\mu_0 N}{2\ell} \cdot I,$$

donde $\mu_0 = \text{permeabilidad magnética del vacío} = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{\text{Wb}}{\text{Am}} \right] \approx \mu_{\text{aire}}$.
Deduzca el significado físico de la pendiente del modelo obtenido en la pregunta 5. Explique.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	65/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

8. Con base en la pregunta anterior, estime el número de vueltas (N) del solenoide.

Número de vueltas del solenoide: _____

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.
- JARAMILLO M. Gabriel., Electricidad y Magnetismo, 2da. Preedición, México, Facultad de Ingeniería, UNAM., Trillas, 2004.

8. Anexos

Expresiones matemáticas necesarias

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} \qquad \vec{F} = I \vec{\ell} \times \vec{B}$$

En el extremo de un solenoide con núcleo de aire:

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 N}{2\ell} \cdot I$$

donde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{Wb}{Am} \right] =$ permeabilidad magnética del vacío

Expresiones del método del mínimo de las sumas de los cuadrados:

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	66/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Apéndice.

Ajustes a cero y calibración del teslámetro RFL904T

1. Ajuste del cero mecánico.

Sin energizar el instrumento, ajuste a cero la posición de la aguja indicadora de la lectura, girando según sea necesario, el tornillo localizado en la parte central interior de la carátula.

2. Ajuste de la punta de prueba.

- a) Conecte la punta de prueba al teslámetro, introduciendo cuidadosamente la clavija y anote el número que se encuentra en la etiqueta dorada de la misma, divídalo entre 100 y anote el resultado.
- b) Compruebe que botón de encendido esté en posición de apagado (OFF), asegúrese de que las perillas (NULL y CAL) estén a medio giro y cerciórese de que ningún botón blanco esté oprimido.
- c) Energice el teslámetro encendiéndolo, oprima simultáneamente los botones rotulados con (CAL).
- d) Leyendo en la escala superior (de 0 a 1) de la carátula, ajuste con la perilla CAL hasta el valor anotado en el inciso "a", sin girar la perilla NULL.
- e) Oprima cualquier botón de las escalas para liberar los botones CAL.

3. Ajuste del cero de las escalas.

- a) Oprima el botón de la escala mayor (3.0 [T]) del instrumento y ajuste a cero la lectura de la aguja con el giro de la perilla NULL, sin mover la perilla CAL.
- b) Oprima el botón de la escala inmediata menor (1.0 [T]) y ajuste a cero la lectura de la aguja con el giro de la perilla NULL, sin mover la perilla CAL.
- c) Proceda de igual forma hasta ajustar a cero todas las escalas del instrumento.

NOTAS:

* Una vez realizados todos los ajustes anteriores, no mueva e instrumento.

** Para evitar, en lo posible, errores en las lecturas, mantenga alejados del teslámetro tanto los imanes como la bobina energizada.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	67/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 11

Ley de inducción de Faraday

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	68/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Los imanes de barra son extremadamente frágiles.	Se pueden romper fácilmente.
2	El microamperímetro es muy delicado.	La bobina del instrumento se puede quemar.

2. Objetivos de aprendizaje

- Comprobar la existencia de una fuerza electromotriz inducida por movimiento de un imán en un solenoide.
- Verificar la generación de fuerza electromotriz alterna sinusoidal causada por variación de corriente.
- Establecer la ley de inducción de Faraday, incluyendo el principio de Lenz.
- Comprender el principio de operación del transformador con núcleo ferromagnético.

3. Material y equipo

Cantidad	Material
1	Bobina de inducción con accesorios: bobina con foco
2	Anillos: cerrado y abierto
1	Cable de alimentación de 127 [V] ca
1	Núcleo ferromagnético
1	Imán de barra (recuerde que es extremadamente frágil)
1	Microamperímetro de cd
1	Autotransformador de 127 [V]
1	Solenoide
2	Cables de conexión de 1 [m]
1	Fuente de poder de 0 a 10 [V]

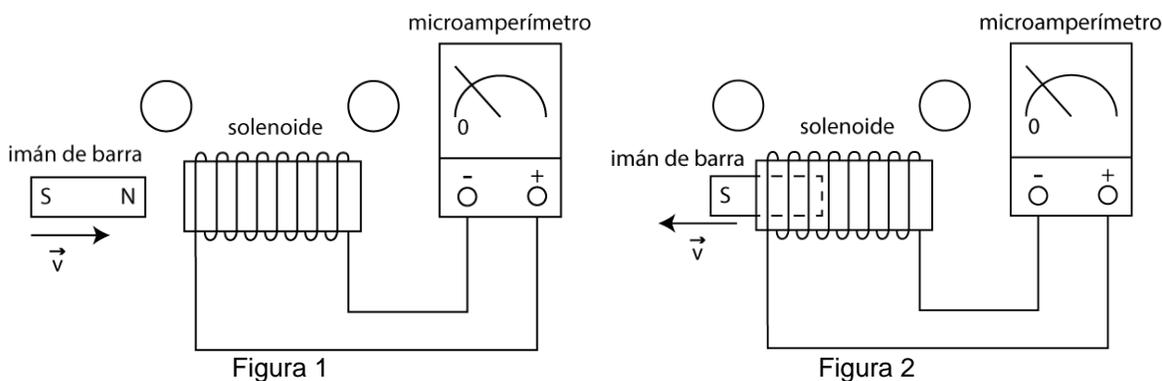
	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	69/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo

Actividad 1

Conecte las terminales del solenoide a las del microamperímetro, por medio de los cables disponibles; desplace el imán de barra introduciéndolo en el núcleo del solenoide tal y como lo muestra la Figura 1. Observe en el microamperímetro el sentido de la corriente inducida y dibuje el sentido de circulación de dicha corriente en el solenoide, así como el movimiento de la aguja en el microamperímetro.

Desplace de nuevo el imán, pero ahora alejándolo del solenoide, como se muestra en la Figura 2; observe el sentido de la corriente eléctrica inducida con este movimiento del imán y dibuje el sentido de dicha corriente en el solenoide, así como en el microamperímetro el movimiento de la aguja.



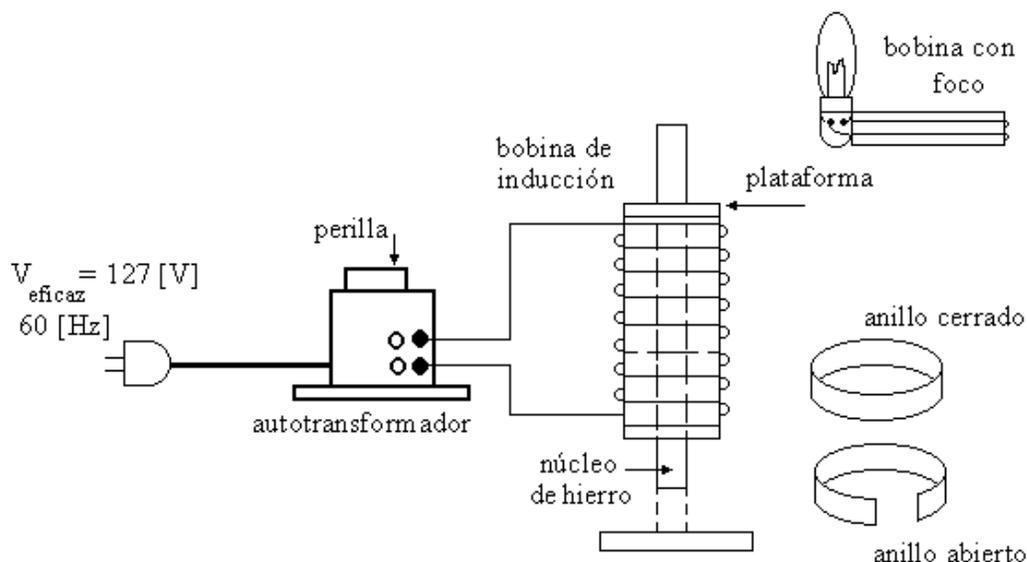
Actividad 2

Con base en la corriente eléctrica inducida dibujada en el solenoide de cada figura, identifique el polo magnético que se induce en cada extremo de cada solenoide, escribiendo N (norte) o S (sur) dentro del círculo, según corresponda.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	70/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

Forme el circuito mostrado en la figura, sin energizar el autotransformador y verificando que su perilla de salida indique el valor mínimo.



Coloque la bobina con foco, de manera que el núcleo ferromagnético quede en el núcleo de la bobina. Energice el autotransformador y gire su perilla para que su diferencia de potencial de salida se vaya incrementando, hasta llegar al máximo y que así permanezca.

Anote las observaciones de lo que ocurrió en la bobina. Éste es el principio de operación del transformador eléctrico.

Actividad 4

Tome la bobina con foco y sáquela lentamente del núcleo hasta lograrlo en forma total.

¿Qué sucedió? y ¿por qué?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	71/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 5

Disminuya hasta cero la diferencia de potencial de salida del autotransformador y ahora coloque en el núcleo el anillo cerrado. Gire la perilla del autotransformador hasta llegar al máximo y describa lo que le sucede al anillo.

Actividad 6

Sostenga sobre la plataforma de la bobina de inducción el anillo cerrado unos cuantos segundos, cinco, por ejemplo. ¿Qué efecto se observó en el anillo? Describir el hecho y explicar la causa del mismo.

Actividad 7

Reduzca a la posición del mínimo, la perilla del autotransformador y reemplace el anillo cerrado por el anillo abierto; incremente la diferencia de potencial de salida del autotransformador hasta el máximo. Describa y explique lo que sucedió en el anillo abierto.

Regrese la perilla del autotransformador a la posición de mínimo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	72/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 8

Desconecte el autotransformador del contacto de la mesa y de la bobina de inducción; aplique a ésta la diferencia de potencial del contacto de la mesa (127 [V] y 60 [Hz]). De manera sucesiva, coloque despacio en el núcleo, la bobina con foco y retírela; sustituya esta bobina por el anillo cerrado y, por último, haga lo mismo con el anillo abierto. Describa lo observado en cada accesorio.

Actividad 9

Desconecte la bobina de inducción del contacto de la mesa y conecte la fuente de poder de corriente directa (cd) aplicando a la bobina de inducción una diferencia de potencial de 6 [V]. Verifique si existe campo magnético en el núcleo, por ejemplo, con un clip o con una moneda de 10 centavos; coloque de manera sucesiva la bobina con foco, el anillo cerrado y el anillo abierto. Describa los resultados obtenidos, sobre todo lo referente a la existencia, o no, de corriente inducida en estos accesorios.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	73/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

1. ¿Qué polos magnéticos se inducen en los extremos del solenoide en la actividad 1? ¿Qué relación tienen los polos inducidos con respecto a los del imán?
2. De acuerdo con los hechos observados en las actividades 5 y 7 explique lo sucedido en función de los polos magnéticos inducidos.
3. Respecto a la actividad 6, dibuje en el anillo cerrado y en la bobina de inducción el sentido de la corriente en cada elemento, para un instante dado.
4. ¿En qué condiciones, en general, se puede inducir una fuerza electromotriz (diferencia de potencial) en un conductor?
5. De las condiciones concluidas en el punto anterior, ¿en cuáles de ellas se induce corriente eléctrica?

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.
- JARAMILLO M. Gabriel., Electricidad y Magnetismo, 2da. Preedición, México, Facultad de Ingeniería, UNAM., Trillas, 2004.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	74/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 12

Capacitancia, resistencia e inductancia equivalentes

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	75/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Maneje el puente de impedancias (RLC) siguiendo las instrucciones del profesor. Tenga cuidado especial en descargar los capacitores antes de medir su capacitancia.	Si los capacitores tienen carga, al medir su capacitancia con el puente se corre el riesgo que éste se dañe.

2. Objetivos de aprendizaje

- a) Identificar el funcionamiento de un resistor en los circuitos eléctricos y obtener el resistor equivalente de varios conectados en serie y en paralelo.
- b) Comprender la función que realiza un capacitor en los circuitos eléctricos y obtener el capacitor equivalente de varios conectados en serie y en paralelo.
- c) Distinguir la función que desempeña un inductor en los circuitos eléctricos y obtener el inductor equivalente de algunos conectados en serie y en paralelo, considerando que están alejados entre sí.

3. Material y equipo

Cantidad	Material
1	Puente de impedancias (RLC)
2	Resistores de 220 [W]
2	Resistores de 1 [kW]
3	Capacitores de valores diversos, en [mF]
3	Inductores (solenoides)
6	Cables largos
4	Cables caimán-caimán

4. Desarrollo

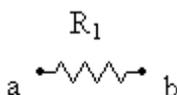
Actividad 1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	76/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

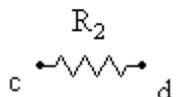
Con ayuda del puente de impedancia, en su función de medidor de resistencia, mida y registre el valor correspondiente al resistor solicitado; los valores disponibles son $R_1 = 220 \text{ } [\Omega]$ y $R_2 = 10^3 \text{ } [\Omega]$.

1.1. Elementos individuales

i)



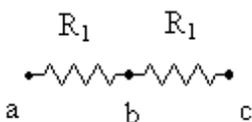
$$R_1 = R_{ab} = \text{_____} \text{ } [\Omega]$$



$$R_2 = R_{cd} = \text{_____} \text{ } [\Omega]$$

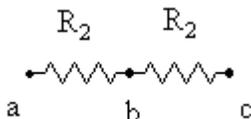
1.2. Conexiones en serie

i)



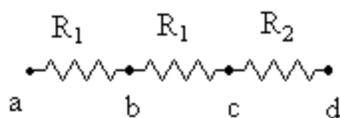
$$R_{ac} = \text{_____} \text{ } [\Omega]$$

ii)



$$R_{ac} = \text{_____} \text{ } [\Omega]$$

iii)

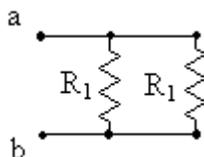


$$R_{ad} = \text{_____} \text{ } [\Omega]$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	77/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

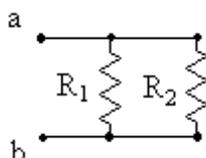
Conexiones en paralelo

i)



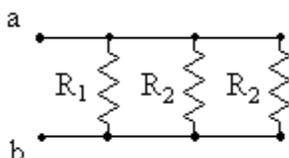
$$R_{ab} = \text{_____} [\Omega]$$

ii)



$$R_{ab} = \text{_____} [\Omega]$$

iii)



$$R_{ab} = \text{_____} [\Omega]$$

Actividad 2

Con ayuda del puente de impedancia, en su función de medidor de capacitancia, mida y anote el valor correspondiente al capacitor solicitado.

2.1 Elementos individuales

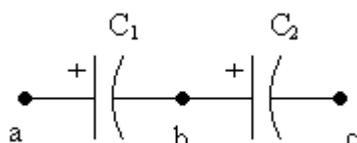
Valor comercial (nominal)	Valores medidos	Diferencia de potencial de operación máxima
i) $C_1 = \text{_____} [\mu\text{F}]$	$C_1 = \text{_____} [\mu\text{F}]$	$V_{\text{máx } 1} = \text{_____} [\text{V}]$
ii) $C_2 = \text{_____} [\mu\text{F}]$	$C_2 = \text{_____} [\mu\text{F}]$	$V_{\text{máx } 2} = \text{_____} [\text{V}]$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	78/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

iii) $C_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ [μF]	$C_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ [μF]	$V_{\text{máx } 3} = \underline{\hspace{2cm}}$ [V]
---	--	--

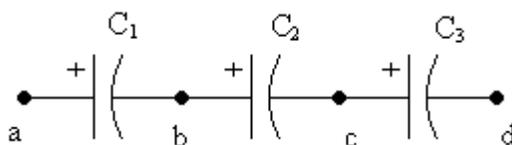
2.2 Conexiones en serie

i)



$$C_{ac} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } [\mu\text{F}]$$

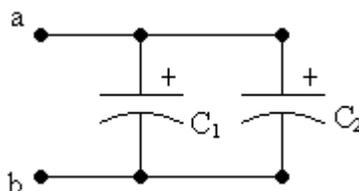
ii)



$$C_{ad} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } [\mu\text{F}]$$

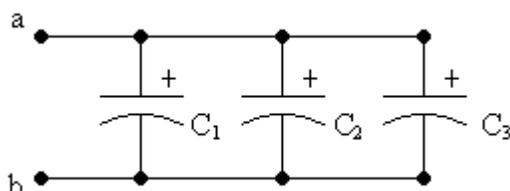
2.3 Conexiones en paralelo

i)



$$C_{ab} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } [\mu\text{F}]$$

ii)



$$C_{ab} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } [\mu\text{F}]$$

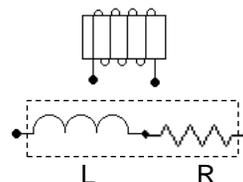
	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	79/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

Con el puente de impedancia, en su función de medidor de inductancia (L) y de resistencia (R), mida y registre el valor correspondiente de cada inductor, así como su valor de resistencia interna (R).

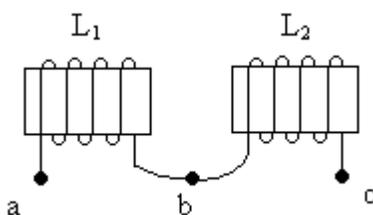
3.1 Elementos individuales

- i) $L_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ [H] y $R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ [Ω]
 ii) $L_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ [H] y $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ [Ω]
 iii) $L_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ [H] y $R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ [Ω]



3.2 Conexiones en serie de inductores alejados entre sí

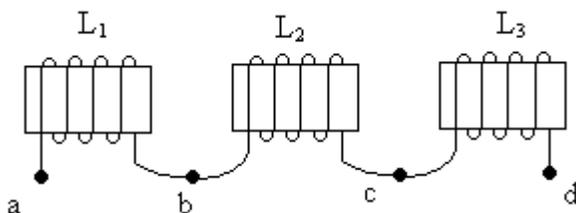
i)



$$L_{ac} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [H]}$$

$$R_{ac} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [\Omega]}$$

ii)



$$L_{ac} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [H]}$$

$$R_{ac} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [\Omega]}$$

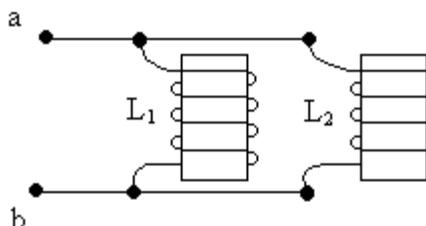
	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	80/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3.3 Conexiones en paralelo de inductores alejados entre sí

i)

$$L_{ab} = \text{_____} \text{ [H]}$$

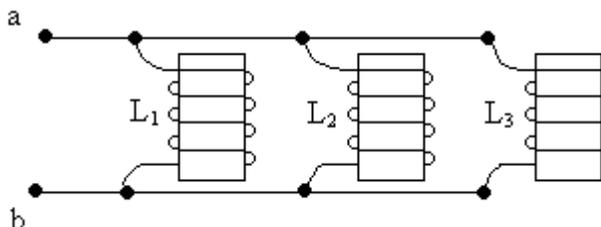
$$R_{ab} = \text{_____} \text{ [\Omega]}$$



ii)

$$L_{ab} = \text{_____} \text{ [H]}$$

$$R_{ab} = \text{_____} \text{ [\Omega]}$$



5. Cuestionario

1. Compare los valores nominales de los resistores con los valores medidos; en caso de existir diferencias, explique a qué se debe
2. ¿Qué utilidad tiene la conexión de resistores en serie?
3. Compruebe que el resistor equivalente medido para tres resistores conectados en serie concuerda con el calculado con la expresión teórica.
4. ¿Qué utilidad tiene la conexión de resistores en paralelo?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	81/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. ¿Considera que la conexión de capacitores en serie tiene alguna utilidad? Explique
6. Verifique que el capacitor equivalente medido para los tres capacitores conectados en serie concuerda con el obtenido con la expresión teórica.
7. ¿Qué aplicación puede tener la conexión de capacitores en paralelo?
8. ¿Por qué los inductores tienen un valor de inductancia y uno de resistencia interna?
9. Verifique que el inductor equivalente medido para los tres inductores conectados en paralelo, es igual al que se obtiene con la expresión teórica.
10. Investigue por qué las expresiones 5 y 6 del anexo “Expresiones matemáticas necesarias” sólo son válidas cuando los inductores están alejados entre sí.

6. Conclusiones

7. Bibliografía recomendada

- Young H.D. y Freedman R.A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 1; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.
- JARAMILLO M. Gabriel. y Alvarado C. Alfonso A., Electricidad y Magnetismo, 2da. Preedición, México, Facultad de Ingeniería, UNAM., Trillas, 2004.

8. Anexo

Expresiones matemáticas necesarias

	Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo	Código:	MADO-06
		Versión:	03
		Página	82/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	12 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$1) R_{eq\ serie} = \sum_{i=1}^n R_i$$

$$2) \frac{1}{R_{eq\ paralelo}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

$$3) \frac{1}{C_{eq\ serie}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

$$4) C_{eq\ paralelo} = \sum_{i=1}^n C_i$$

Para inductores alejados entre sí.

$$5) L_{eq\ serie} = \sum_{i=1}^n L_i$$

$$6) \frac{1}{L_{eq\ paralelo}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i}$$