
	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	1/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Manual de prácticas del laboratorio de Electricidad y Magnetismo

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Juan Carlos Cedeño Vázquez M.I. Rigel Gámez Leal Ing. Juan Manuel Gil Pérez Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales M.I. Mayverena Jurado Pineda Ing. Francisco Miguel Pérez Ramírez	M.I. Juan Carlos Cedeño Vázquez M.I. Rigel Gámez Leal Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales M.I. Adriana Yoloxóchil Jiménez Rodríguez M.I. Mayverena Jurado Pineda Q. Antonia del Carmen Pérez León	M.I. Mayverena Jurado Pineda	2 de agosto de 2024

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	2/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Índice


Práctica 1. Carga eléctrica	3
Práctica 2. Distribución de carga eléctrica y campo eléctrico	9
Práctica 3. Instrumentación: multímetro digital y osciloscopio de doble trazo	16
Práctica 4. Potencial y diferencia de potencial eléctricos	24
Práctica 5. Constantes dieléctricas y capacitancia	31
Práctica 6. Conexiones con capacitores	38
Práctica 7. Corriente y resistencia eléctricas	44
Práctica 8. Leyes de Kirchhoff	52
Práctica 9. Fundamentos del magnetismo	61
Práctica 10. Fuerza de origen magnético sobre conductores	68
Práctica 11. Inducción electromagnética	77
Práctica 12. Inductancia	84
Apéndice	93

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	3/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 1

Carga eléctrica



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	4/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General

El alumno conocerá los conceptos básicos en que se fundamenta el estudio de los fenómenos eléctricos. Realizará experimentos que le ayuden a comprender dichos fenómenos, para después analizarlos y discutirlos con sus compañeros de brigada y con su profesor.

II. Objetivos específicos

- Comprender el concepto de carga eléctrica y verificar los tipos de carga existentes.
- A partir de la Convención de Benjamín Franklin, deducir el tipo de carga que tiene un cuerpo previamente cargado.
- Comprobar los métodos para cargar y descargar eléctricamente un cuerpo.
- Comprender el funcionamiento de un generador de Van de Graaff.


3. Introducción

Por el año 600 a.c., Tales de Mileto comprobó que si se frotaba el ámbar, éste atraía objetos más ligeros de algunos materiales.

Hasta principios del siglo XX se comprendió cómo era que los objetos podían cargarse eléctricamente, al conocer que los materiales están constituidos por átomos.

Se sabe que existen dos tipos de cargas eléctricas. Con base en la convención de Benjamín Franklin a una se le llama positiva y a la otra negativa. Por otra parte, se sabe que cargas eléctricas del mismo tipo se repelen y de diferente tipo se atraen.

En la actualidad, la energía eléctrica se ha convertido en una fuente indispensable para la humanidad, presentando ventajas como el hecho de que es más amigable con el medio ambiente, es de bajo costo, el transporte de este tipo de energía es relativamente más fácil y una amplia gama de conversión a otros tipos de energía.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	5/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Equipo y material



Foto1.
Generador de Van de Graaff.



Foto 2.
Esfera de descarga.



Foto 3.
Esfera aislada.



Foto 4.
Soporte universal,
tornillo de sujeción y
varilla de aluminio.



Foto 5.
Tira de polietileno, piel de
conejo, paño de franela y
pañó de seda.



Foto 6.
Punta de descarga.



Foto 7.
Barras de vidrio, hule,
acrílico y policloruro
de vinilo.




Foto 8.
Muestreador.



Foto 9.
Encendedor.



Foto 10.
Hélice de aluminio.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	6/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1 Carga eléctrica y convención de Benjamín Franklin

Con el material propuesto, construye un electroscopio simple y a partir de la convención de Benjamín Franklin, identifica cómo quedaron cargadas las barras después de cada frotamiento. A continuación, analiza y discute con tus compañeros el experimento, indica los tipos de carga y fuerzas eléctricas observadas.

Equipo y material


- Soporte universal, tornillo de sujeción y varilla de aluminio.
- Barras de vidrio, ebonita, acrílico y policloruro de vinilo.
- Tira de polietileno, piel de conejo, paño de franela y paño de seda.

- Dibuja el electroscopio simple indicando el tipo de carga que adquiere la tira de polietileno, previamente frotada con franela.
- En la siguiente tabla, anota el signo del tipo de carga adquirida por cada barra, después de utilizar el método por frotamiento.

Tabla 1.1

	Barra de:			
	ebonita	vidrio	acrílico	policloruro de vinilo (PVC)
piel de conejo				
seda				
franela				

- ¿Cuántos y cuáles tipos de carga eléctrica (electricidad) detectó?
- Describe como determinarías el tipo de carga que adquiere un material al ser frotado con otro.
- ¿Consideras que se cumple el principio de conservación de la carga? Justifica la respuesta
- ¿Encuentras consistencia entre la serie triboeléctrica y los resultados obtenidos? ¿Por qué?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	7/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2 **Procesos de carga**

Utilizando el equipo y material propuesto, experimenta otras formas (contacto e inducción electrostática) para cargar un cuerpo eléctricamente.

Equipo y material

- Generador de Van de Graaff.
- Esfera de descarga.
- Esfera aislada.
- Muestreador.
- Soporte universal, tornillo de sujeción y varilla de aluminio.
- Tira de polietileno.

- a) Explica cada uno de los experimentos mediante ilustraciones e incluye el tipo de carga obtenido en cada cuerpo.
- b) Explica una aplicación que utilice alguno de estos principios.

Actividad 3 **Procesos de descarga**

Con el equipo y material propuesto, experimenta los procedimientos para descargar un cuerpo (conexión a tierra, ionización del aire: efecto de punta y viento eléctrico).

Equipo y material

- Generador de Van de Graaff.
- Esfera de descarga.
- Esfera aislada.
- Encendedor de gas.
- Punta metálica.
- Hélice de aluminio.
- Tira de polietileno.
- Soporte universal, tornillo de sujeción y varilla de aluminio.

- a) Explica en qué consiste la ionización del aire y por qué se presenta.
- b) Realiza las ilustraciones para cada uno de los procedimientos, indicando el flujo de las cargas eléctricas.


Actividad 4 **Generador de Van de Graaff**

Observa y analiza el principio de operación del generador de Van de Graaff. Identifica y clasifica los materiales conductores y dieléctricos empleados en su construcción.

Equipo y material

- Generador de Van de Graaff.

- a) Describe en un esquema el principio de operación del generador de Van de Graaff,
- b) Identifica cada una de sus partes indicando si son materiales conductores o dieléctricos, quitando el casco del generador.
- c) Menciona en qué parte del generador se presenta cada una de las formas de electrizar un cuerpo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	8/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

Cuestionario previo.


1. Describe un concepto de carga eléctrica y sus tipos.
2. Enuncia e ilustra la convención de Benjamín Franklin.
3. ¿Qué es la serie triboeléctrica y cómo se utiliza?
4. Investiga los procedimientos para cargar y descargar eléctricamente un cuerpo.
5. ¿En qué consiste el fenómeno de cargar un cuerpo por inducción?
6. ¿Cómo funciona un electroscopio?
7. Investiga el principio de funcionamiento del generador de Van de Graaff.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	9/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 2

Distribución de carga eléctrica y campo eléctrico



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	10/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo general:

El alumno conocerá la forma de distribución de la carga eléctrica en cuerpos conductores. Comprenderá el concepto de campo eléctrico y podrá visualizar diferentes configuraciones de las líneas de dicho campo.

II. Objetivos específicos:


- Conocer el modo de la distribución de la carga eléctrica en superficies metálicas.
- Medir indirectamente la carga eléctrica empleando el electrómetro.
- Deducir algunas propiedades de las líneas de campo eléctrico.

3. Introducción

Las cargas eléctricas no necesitan de ningún medio material para influir entre ellas, por tanto, las fuerzas asociadas a ellas se les considera como fuerzas de acción a distancia o fuerzas de campo. Esta es la razón por la que se recurre al concepto de campo eléctrico para facilitar la descripción, en términos físicos, de la influencia que una o más cargas ejercen sobre el espacio que les rodea.

El concepto de campo surge ante la necesidad de explicar la forma de interacción entre cuerpos en ausencia de contacto físico y sin medios de sustentación para las posibles interacciones. La acción a distancia se explica entonces, mediante efectos provocados por la entidad causante de la interacción, sobre el espacio mismo que la rodea, permitiendo asignar a dicho espacio propiedades medibles. Así, será posible hacer corresponder a cada punto del espacio, valores que dependerán de la magnitud de la propiedad del cuerpo que provoca la interacción y de la ubicación del punto que se considera.

El campo eléctrico representa en cada punto del espacio afectado por una carga, una propiedad local asociada a dicho punto. Una vez conocido el campo eléctrico en un punto no es necesario saber qué lo origina para calcular la fuerza eléctrica sobre una carga.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	11/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Además de las fuerzas y campos eléctricos debidos a cargas puntuales, también es posible asociarlos a distribuciones continuas de carga, a lo largo de una línea, sobre una superficie o en un volumen.

4. Equipo y material



Foto 1.
Base y soportes de acrílico.

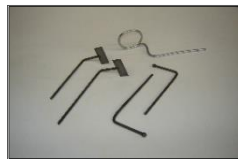


Foto 2.
Juego de electrodos metálicos.



Foto 3.
Fuente de luz.



Foto 4.
Dos cables para diferencias de potencial elevadas.



Foto 5.
Recipiente de vidrio con aceite y semillas de pasto



Foto 6.
Muestreador.



Foto 7.
Generador de Van de Graaff.



Foto 8.
Soporte universal, tornillo de sujeción, varilla de aluminio y tira de polietileno.



Foto 9.
Cilindro metálico.



Foto 10.
Esfera de unicel con hilo



Foto 11.
Cilindro de cobre.




Foto 12.
Electrómetro



Foto 13.
Punta atenuadora



Foto 14.
Cilindro metálico con terminación en forma de semicono.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	12/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1. Distribución de carga en cuerpos conductores

Con el equipo y material propuesto comprueba que la carga eléctrica se distribuye uniformemente en el casco del generador de Van de Graaff, en el cilindro metálico y el cilindro metálico con terminación en forma de semicono.

Equipo y material

- Generador de Van de Graaff.
- Dos cables para alto voltaje.
- Cilindro metálico.
- Cilindro metálico con terminación en forma de semicono.

- a) ¿Qué sucede en la parte interna del cilindro metálico? ¿Cómo es el campo eléctrico en el interior de un conductor con carga eléctrica?
- b) Verifica cómo se distribuye la carga eléctrica en el cilindro metálico y en la terminación en forma de semicono.
- c) Realiza un esquema que indica la forma de las distribuciones de carga eléctrica para los tres casos.


Actividad 2. Identificación del tipo de carga y medición del potencial eléctrico del generador de Van de Graaff

Empleando el equipo propuesto y con la asesoría de tu profesor identifica el tipo de carga del casco del generador y mide el potencial eléctrico con la punta atenuadora. Se sugiere colocar dicha punta a cinco centímetros de distancia de la superficie metálica y en dirección radial.

Equipo y material

- Generador de Van de Graaff.
- Electrómetro y cable BNC con caimanes.
- Punta atenuadora (relación 1:1000).
- Soporte universal, tornillo de sujeción y varilla de aluminio.

- a) ¿Cuál es el valor y signo del potencial eléctrico del casco del generador?
- b) Dibuja un esquema donde se muestre la distribución de la carga superficial en el casco del generador. Anota tus observaciones.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	13/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3. Medición de la carga eléctrica

Determina la **magnitud de la carga eléctrica de la esfera** de unícel, previamente cargada por contacto con el generador de Van de Graaff.

Nota: Las mediciones de carga realizadas con el electrómetro son indirectas, por tanto, el valor de la carga se obtiene mediante la siguiente relación:

$$V_{ab} = \frac{Q}{C}$$

Donde: $Q = CV_{ab}$

C: constante dada por el fabricante, $C = 27[\text{pF}]$.

V_{ab} : diferencia de potencial leída en el electrómetro, en volts.

Equipo y material

- Generador de Van de Graaff.
- Esfera de unícel con hilo.
- Electrómetro y cables con conector BNC.

- a) ¿Cuál es la magnitud y signo de la carga eléctrica de la esfera de unícel?
- b) ¿Cómo sería la distribución de la carga eléctrica si la esfera fuese metálica?
- c) ¿Cómo se presentó la distribución de la carga eléctrica en la esfera de unícel?
- d) Justifica la diferencia de distribución de los incisos anteriores.

Actividad 4. Campo eléctrico y líneas de campo


Con el equipo propuesto, diseña un experimento que te permita visualizar y demostrar las propiedades de las líneas de campo eléctrico en los casos siguientes:

1. Una carga puntual.
2. Dos cargas puntuales de diferente signo.
3. Dos superficies planas y paralelas con carga de diferente signo.
4. Un conductor en forma de anillo abierto.
5. Un cilindro metálico.

Equipo y material

- Base y soportes de acrílico.
- Generador de Van de Graaff.
- Recipiente de vidrio con aceite y semillas de pasto.
- Dos cables para alto voltaje.
- Fuente de luz.
- Cilindro de cobre.
- Juego de electrodos metálicos.

- a) Con base en lo observado explica tres propiedades de las líneas de campo eléctrico.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	14/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- b) Dibuja la representación esquemática para cada caso, indicando los signos de las cargas y la dirección de las líneas de campo eléctrico.


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

Cuestionario previo.


1. Define el concepto de campo eléctrico y escribe sus unidades en el Sistema Internacional (SI).
2. Investiga algunas propiedades de las líneas de campo eléctrico.
3. ¿Qué es un electrómetro y para qué se utiliza?
4. ¿Qué es la capacitancia y cómo se calcula?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	15/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 3

Instrumentación: multímetro digital y osciloscopio de doble trazo



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	16/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:

El alumno conocerá el empleo del multímetro y osciloscopio digitales, además de algunos conceptos básicos de metrología, que le permitan utilizar correctamente dichos instrumentos.

II. Objetivos específicos:


- Conocer la forma de medir diferencia de potencial, intensidad de corriente y resistencia eléctricas con un multímetro digital, las precauciones indispensables para su utilización y las características estáticas: rango, resolución y legibilidad.
- Conocer el osciloscopio, las precauciones indispensables para la obtención de diferentes tipos de gráficas, así como las cantidades físicas que pueden medirse y su utilidad para medir diferencias de potencial: alterna sinusoidal y continua.

3. Introducción

En general, el valor numérico obtenido en una medición no corresponde al valor real de la magnitud que se mide, sin embargo, en ingeniería siempre será necesario tener un valor de referencia. Los resultados que se obtienen en el proceso de medición son aproximados, debido a la presencia del error experimental.

El error experimental es inseparable al proceso de medición, su valor solamente se puede estimar. Debido a que los errores pueden surgir por distintas causas, para su análisis se clasifican en dos amplias categorías: los errores sistemáticos y los aleatorios o accidentales.

Los *errores sistemáticos* son los que se pueden evitar, corregir o compensar. Este tipo de errores alteran la medida por no tomar en cuenta alguna circunstancia que siempre afecta de igual manera al resultado, dando lugar a un alejamiento hacia un sentido del valor de referencia. Se les llama sistemáticos porque cuando se presentan siempre se obtienen valores más altos o más bajos que el valor de referencia.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	17/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Se pueden originar por:

- Defectos o falta de calibración del instrumento empleado en la medición.
- Las condiciones del medio ambiente en que se realiza la medición y que pueden afectar al instrumento de medición y/o al objeto a medir.
- Malos hábitos y una forma peculiar de realizar las observaciones por parte del experimentador, como cuando se toman lecturas cometiendo el error de paralaje.
- Por el empleo de constantes cuyos valores no correspondan al lugar en donde se realizan las mediciones y cálculos, o a la limitada exactitud de las constantes físicas empleadas en los cálculos.

Los *errores aleatorios o accidentales* se deben, por lo general, a la combinación de un gran número de perturbaciones individuales y fluctuaciones que dan lugar a que la repetición de una misma medición dé, en cada ocasión, un valor distinto. Estos errores siempre están presentes en las mediciones y, en ausencia de los errores sistemáticos, son la causa de que los valores obtenidos en mediciones sucesivas se dispersen alrededor del valor real de la magnitud medida. En general, los errores aleatorios no se pueden eliminar, pero sí se pueden estimar.

4. Equipo y material



Foto 1.
Multímetro digital.



Foto 2.
Osciloscopio.



Foto 3.
Transformador reductor.



Foto 4.
Pila eléctrica.



Foto 5.
Cables para
conexión.
(proporcionados
por
los alumnos).

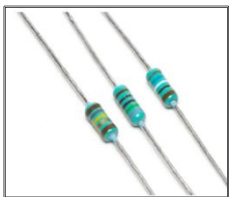


Foto 6. Resistencias
eléctricas de
diferentes valores
(proporcionadas por
los alumnos).



Foto 7.
Fuente de poder de 0-20
[V] 0-10 [A] de cd.

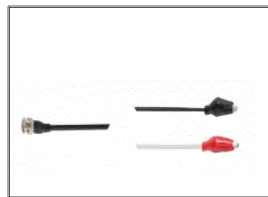


Foto 8.
Conector BNC con
caimanes.

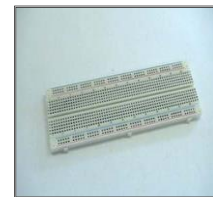



Foto 9.
Tableta de
proyectos
(proporcionada por
los alumnos).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	18/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1 **Multímetro digital: medición de diferencia de potencial (voltaje) y resistencia eléctrica**

Comenta con el grupo las precauciones, cuidados necesarios y la forma correcta para el uso del multímetro en la medición de diferencia de potencial (voltaje) y resistencia eléctrica. Realiza las mediciones de las diferencias de potencial eléctricas, en circuito abierto, en las terminales del transformador, de la fuente de poder y de la pila eléctrica.

Equipo y material

- Multímetro digital con cables.
- Transformador reductor.
- Pila eléctrica.
- Fuente de poder de 0-20 [V] 0-10 [A] de cd.
- Dos resistores de valores diferentes (proporcionadas por los alumnos).

a) Registra las mediciones realizadas con las unidades correspondientes en la siguiente tabla.


Tabla 3.1

Dispositivo	medición en circuito abierto	unidad
transformador		
fuentes de poder		
la pila eléctrica		

- b) Con la ayuda de tu profesor traza el diagrama eléctrico para cada medición.
- c) Realiza las mediciones de la resistencia eléctrica de dos resistores, recuerda que se mide sin energizarlos.

Tabla 3.2

Dispositivo	medición	unidad
resistor 1		
resistor 2		

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	19/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2 **Multímetro digital (medición de corriente eléctrica)**

Comenta con el grupo las precauciones, cuidados necesarios y la forma correcta para conectar el multímetro, como amperímetro, en la medición de corriente eléctrica.

Equipo y material

- Multímetro digital con cables.
- Fuente de poder
- Resistencias eléctricas de 1 k Ω y 1.2 k Ω (proporcionadas por los alumnos).
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Tableta de proyectos (protoboard)

- a) Utilizando la tableta de proyectos y la fuente de poder, conecta los dos resistores en **serie** y aplica una diferencia de potencial de 8[V] entre los extremos de la conexión. Mide la corriente en cada resistor.
- b) Dibuja los diagramas de conexión realizados en el inciso anterior, incluyendo el instrumento de medición e indicando la polaridad.


Actividad 3 **Osciloscopio. Señal continua.**

Comenta con el grupo las precauciones, los cuidados necesarios y la forma correcta para el uso del osciloscopio. Realiza las mediciones sugeridas por el profesor de acuerdo con la actividad que él te indique.

Equipo y material

- Osciloscopio de doble trazo.
- Pila eléctrica.
- Fuente de poder
- Conector BNC con caimanes.

- a) Dibuja las imágenes observadas en la pantalla del osciloscopio incluyendo las mediciones correspondientes.
- b) Invierte las terminales del osciloscopio y dibuja las imágenes observadas en la pantalla del osciloscopio incluyendo las mediciones correspondientes.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	20/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Actividad 4 **Osciloscopio. Señal alterna.**

Conecta las terminales de salida del transformador reductor al osciloscopio. Mide la amplitud y el periodo de esta señal.

Equipo y material

- Osciloscopio de doble trazo.
- Conector BNC con caimanes.
- Transformador reductor.

- a) Dibuja la señal observada y las mediciones realizadas.
- b) A partir de las mediciones anteriores determina el valor eficaz (V_{rms}) y la frecuencia de la señal.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	21/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

Cuestionario previo.


1. Investiga y describe las características estáticas de un instrumento de medición.
2. Investiga en qué consiste un error sistemático y un error aleatorio en una medición.
3. ¿En qué consiste el error de exactitud en una medición?
4. Explica qué se entiende por exactitud de un instrumento de medición y cómo se calcula.
5. Investiga qué cantidades físicas miden los siguientes instrumentos:
 - a. multímetro.
 - b. osciloscopio.
6. Investiga las características de las diferencias de potencial: continua, directa y alterna mediante un esquema que muestre ambos voltajes en función del tiempo.
7. Define para el voltaje alterno, los conceptos de amplitud (valor pico), periodo, frecuencia y valor eficaz (rms).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	22/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 4

Potencial y diferencia de potencial eléctricos



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	23/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:


El alumno diseñará diversos experimentos que le permitan comprender los conceptos de potencial y diferencia de potencial eléctricos, así como algunos fenómenos relacionados. Desarrollará su habilidad en el manejo del multímetro digital operando como voltímetro.

II. Objetivos específicos:

- Utilizar los conceptos de potencial eléctrico y diferencia de potencial.
- Aplicar los conceptos de potencial eléctrico de referencia y de superficie, volumen y línea equipotenciales.
- Comprobar experimentalmente la ecuación del gradiente de potencial eléctrico.

3. Introducción

La diferencia de potencial (conocida también como voltaje o tensión) es el trabajo en cada unidad de carga que se aplica en un circuito para que se establezca un flujo de cargas llamado corriente eléctrica. Al elemento o agente que logra establecer el efecto mencionado a través de un campo eléctrico en el conductor se le conoce como fuente de fuerza electromotriz o *fem* sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca una corriente eléctrica. A mayor trabajo en cada unidad de carga que realice una fuente de fuerza electromotriz en un conductor, mayor será la diferencia de potencial o voltaje aplicado al circuito que corresponda a ese conductor. Una fuente de fuerza electromotriz es cualquier dispositivo capaz de suministrar energía eléctrica, ya sea a partir de una reacción química como en las baterías o a partir de una conversión de energía electromecánica en eléctrica como ocurre en los denominados generadores. Existen también otros tipos de dispositivos como, por ejemplo, las fotoceldas o celdas solares, que convierten la energía radiante de luz en energía eléctrica; los termopares, cuyos alambres transforman la diferencia de temperaturas que reciben en el punto de unión en diferencias de potencial muy pequeñas, y los dispositivos piezoeléctricos, que también producen diferencias de potencial pequeñas cuando se les aplica una presión sobre ellos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	24/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Con base en lo anterior, mediante el uso de celdas solares se puede suministrar energía eléctrica a viviendas situadas en lugares muy apartados donde es imposible o poco rentable transmitirla por cables desde una central eléctrica. Los termopares se utilizan como sensores en instrumentos electrónicos como los destinados a medir, por ejemplo, temperatura en hornos y calderas. Los dispositivos piezoeléctricos constituyen por su parte, la pieza fundamental para convertir las vibraciones mecánicas que capta dicho dispositivo en pulsaciones eléctricas, como ocurre en algunos tipos de micrófonos y en las cápsulas de tocadiscos o giradiscos.

4. Equipo y material



Foto 1.
Generador de Van de Graaff.



Foto2.
Esfera de descarga.



Foto 3.
Multímetro digital.



Foto 4.
Fuente de poder.



Foto 5.
Juego de placas metálicas.



Foto 6.
Juego de cilindros metálicos

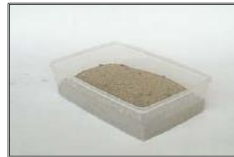


Foto 7.
Recipiente con arena húmeda

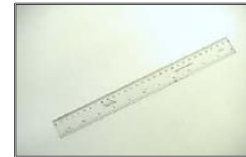



Foto 8.
Regla graduada de plástico.



Foto 9.
Dos cables para diferencias de potencial elevadas.



Foto 10.
Pelillos de conejo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	25/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


5. Desarrollo

Actividad 1 **Diferencia de potencial**

Analiza con tus compañeros el concepto de diferencia de potencial. Realiza un experimento donde una muestra pequeña de pelo de conejo se comporte como una carga dentro de un campo eléctrico. Utiliza el generador de Van de Graaff como fuente generadora de campo eléctrico y la esfera de descarga como referencia de potencial eléctrico nulo (tierra).

Equipo y material

- Generador de Van de Graaff.
 - Esfera de descarga.
 - Pelillos de conejo.
- a) Con base en el concepto de diferencia de potencial, explica qué sucede con la muestra al estar dentro del campo eléctrico.
 - b) Realiza un diagrama de conexiones que represente el experimento (no olvides los signos de las cargas).
 - c) En el diagrama anterior, indica qué cuerpo tiene mayor potencial (la esfera de descarga o el generador Van de Graaff).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	26/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2. Potencial eléctrico y superficies equipotenciales (placas metálicas)

A partir del concepto de potencial eléctrico y del diagrama de la figura 4.1, mide el potencial eléctrico de la placa positiva con respecto al de la placa negativa, tomando este último como referencia (0 [V]).

Con ayuda del voltímetro localiza algunas superficies equipotenciales moviendo la punta de prueba perpendicular y paralelamente a las placas metálicas.

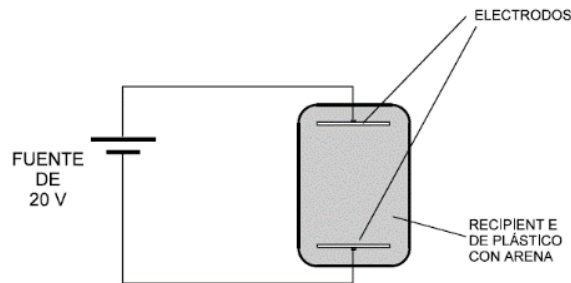



Figura 4.1. Diagrama de conexiones.

Equipo y material

- Multímetro digital con cables.
 - Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd.
 - Caja plástica con arena húmeda.
 - Dos placas metálicas planas.
- a) En un esquema dibuja la forma de las superficies equipotenciales localizadas y los signos de las cargas en cada placa.
 - b) En el esquema anterior agrega las líneas del campo eléctrico e indica el ángulo que forman con respecto a las superficies equipotenciales.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	27/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3. **Gradiente de potencial eléctrico**


Con base en el arreglo de la actividad anterior observa el comportamiento del potencial eléctrico si se mueve la punta paralela a las líneas de campo eléctrico.

Equipo y material

- Multímetro digital con cables.
- Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd.
- Caja plástica con arena húmeda.
- Juego de placas metálicas.

Considerando un potencial de referencia de 0 [V] en la placa negativa, realiza lo siguiente:

- a) Toma al menos 6 lecturas de potencial eléctrico a diferentes distancias y regístralas en una tabla.
- b) Obtén el modelo gráfico del potencial eléctrico en función de la distancia a la referencia.
- c) Obtén el modelo matemático de la gráfica anterior.
- d) Interpreta el significado físico de la pendiente.
- e) Comprueba que la variación de potencial eléctrico máxima se presenta en la dirección opuesta a la del campo eléctrico.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	28/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4. **Regiones equipotenciales (cilindros metálicos)**

Localiza dos regiones equipotenciales entre los dos cilindros metálicos (ver figura 4.2). Considera que el potencial de referencia es 0[V] y se encuentra en el cilindro de menor tamaño.

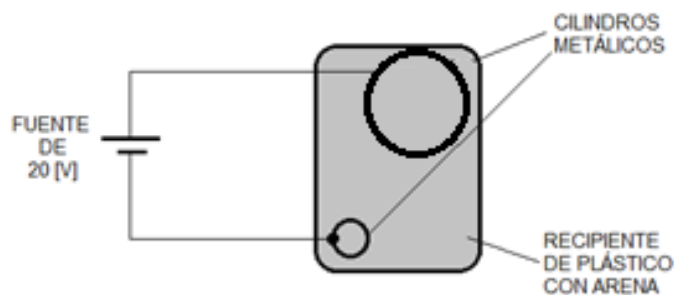



Figura 4.2. Diagrama de conexiones.

Equipo y material

- Multímetro digital con cables.
- Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd.
- Caja plástica con arena húmeda.
- Dos cilindros metálicos.

- a) ¿Qué forma tienen las superficies equipotenciales entre los cilindros en comparación con las obtenidas entre las placas (Actividad 2)?
- b) Dibuja un esquema donde muestres la forma de las superficies equipotenciales
- c) ¿Cómo es el potencial eléctrico dentro del cilindro de mayor diámetro?
- d) ¿Qué sucede al invertir la polaridad en los cilindros?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	29/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

Cuestionario previo.


1. Escribe la expresión para calcular el potencial eléctrico en un punto, explica su significado y anota sus unidades en el SI.
2. Escribe la expresión para calcular la diferencia de potencial entre cualesquiera dos puntos en un campo eléctrico, explica su significado y anota sus unidades en el SI.
3. ¿Cómo se puede determinar el campo eléctrico en una región a partir de la función de potencial eléctrico?
4. ¿Qué es una superficie equipotencial?
5. Escribe la expresión del gradiente de potencial eléctrico y explica su significado.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	30/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 5

Constantes dieléctricas y capacitancia



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	31/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:


El alumno determinará la propiedad de los conductores conocida como capacitancia. Realizará experimentos que le ayuden a determinar la relación de la capacitancia en función de sus propiedades geométricas y observará la influencia de los dieléctricos en las características de los capacitores.

II. Objetivos específicos:

- Definir y comprender el concepto de capacitancia.
- Conocer las constantes dieléctricas: susceptibilidad, permitividad y permitividad relativa.
- Definir y comprender el concepto de campo eléctrico de ruptura también llamada rigidez dieléctrica.
- Comprender que el capacitor es un elemento que almacena carga y su energía eléctrica asociada.

3. Introducción

El condensador, también llamado capacitor, es un dispositivo formado por conductores separados por un material dieléctrico, que sometidos a diferencias de potencial adquieren carga eléctrica. Si el campo eléctrico aplicado al dieléctrico es muy intenso provocará ionización en el material y éste conduce la carga eléctrica debido a que una chispa o descarga disruptiva atraviesa el material y el dieléctrico se perfora. Para cada dieléctrico existe un límite en la intensidad de campo eléctrico, por encima del cual el material pierde sus propiedades aislantes. La intensidad máxima de campo eléctrico que un dieléctrico puede soportar sin dañarse se denomina rigidez dieléctrica, medida normalmente en V/m. La rigidez dieléctrica de un dieléctrico depende de las propiedades físicas del material y de la diferencia de potencial aplicada. La capacitancia de un capacitor no depende de su carga almacenada ni de la diferencia de potencial aplicada, sino de factores geométricos del dispositivo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	32/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Equipo y material



Foto 1.
Fuente de 0-60 [V]
y 0-3.3 [A] de cd.



Foto 2.
Medidor LCR.



Foto 3.
Multímetro digital
con cables.



Foto 4.
Calibrador con vernier.

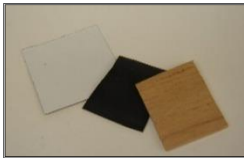


Foto 5.
Muestras de cartón, hule y
madera.



Foto 6.
Foco de 6.3 [V] y
capacitor de 1[F].

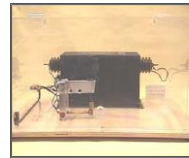


Foto 7.
Caja para prueba de
rigidez dieléctrica.



Foto 8.
Autotransformador (Variac).



Foto 9.
Capacitor de placas
planas y paralelas.

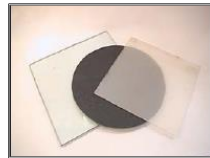


Foto 10.
Muestras de vidrio,
hule y acrílico.

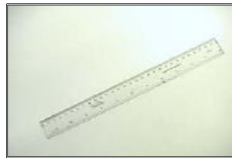



Foto 11.
Regla graduada de
plástico.



Foto 12.
Cables para conexión
(proporcionados por los
alumnos).



Foto
13.
Capacitor de placas
planas y paralelas.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	33/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1 Relación entre la capacitancia y los factores geométricos de un capacitor con aire como dieléctrico

Con el equipo y material propuesto, determina la dependencia de la capacitancia (C) con respecto de la distancia de separación (d) entre las placas. Manteniendo el área común máxima entre las placas; se sugiere utilizar el intervalo $1 \text{ [cm]} \leq d \leq 3 \text{ [cm]}$, variando cada 0.5 [cm] y registrando la capacitancia correspondiente.

Equipo y material


- Medidor LCR.
- Capacitor de placas planas y paralelas.
- Regla de plástico graduada.

a) Registra los datos obtenidos en la tabla 5.1

Tabla 5.1

$d[\text{m}]$	$\frac{1}{d} \left[\frac{1}{\text{m}} \right]$	$C[\text{F}] = \left[\frac{C}{V} \right]$

- b) Dibuja el modelo gráfico del comportamiento de “ C ” con respecto de “ d ” ($C = f(d)$),
- c) Dibuja el modelo gráfico del comportamiento de “ C ” con respecto del inverso “ $1/d$ ” ($C = f(1/d)$),
- d) Obtén el modelo matemático del inciso anterior
- e) Determina de manera cualitativa la relación de proporcionalidad que existe entre la capacitancia (C) y el área común (A) de las placas.
- f) Escribe la relación de proporcionalidad que existe entre la capacitancia y los factores geométricos: área común entre electrodos y distancia de separación entre ellos.
- g) Si la constante de proporcionalidad entre la capacitancia (C) y los factores geométricos distancia y área en este capacitor es la permitividad del aire (ϵ_{aire}), con un sólo valor de “ C ” determina dicha permitividad. Registra tus resultados.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	34/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2 **Relación entre la capacitancia y el material dieléctrico utilizado**

Con el medidor LCR mide el valor de capacitancia (C) leído cuando colocas entre las placas planas y paralelas uno de los materiales dieléctricos proporcionados; después retira el material, teniendo cuidado de mantener la separación entre las placas, y registra de nuevo el valor de capacitancia (C_0). Repite lo anterior para cada muestra proporcionada

Equipo y material


- Medidor LCR.
- Capacitor variable de placas planas paralelas.
- Muestras de vidrio, hule o neopreno, madera, acrílico y cartón o papel.
- Calibrador con vernier.

- a) Registra en la tabla 5.2 las mediciones realizadas y calcula el valor de la permitividad eléctrica relativa (k_e), la permitividad eléctrica (ϵ) y susceptibilidad eléctrica (χ_e) para el dieléctrico.

Tabla 5.2

Dieléctrico	C [μF]	C_0 [μF]	k_e [1]	ϵ [$\frac{\text{C}^2}{\text{N m}^2}$]	χ_e [1]
vidrio					
hule					
madera					
acrílico					
cartón					

- b) ¿Cuál es el mejor dieléctrico? Argumenta tu respuesta
c) ¿Qué concepto tienes de la susceptibilidad eléctrica (χ_e)?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	35/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 **Campo eléctrico de ruptura**

Con el equipo propuesto, determina el campo eléctrico de ruptura (E_r) del aire y de las distintas muestras de materiales.

$$E_r = \frac{(V_{AB})_{m\acute{a}x}}{d}; \text{ donde } d \text{ es el espesor de la muestra}$$

Equipo y material


- Multímetro digital con cables.
- Caja para prueba de ruptura.
- Autotransformador (variac).
- Muestras de madera cartón y hule

Registra en la tabla las mediciones necesarias y calcula

Tabla 5.2

Material	d [m]	V_{AB} [V] (valor eficaz)	V_{AB} [V] (máximo)	E_r [V/m]
aire				
madera				
cartón				
hule				

- a) De acuerdo con el comportamiento de los materiales, ¿Cuál consideras que es el mejor dieléctrico? ¿Por qué?
- b) ¿Qué entiendes por rigidez dieléctrica?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	36/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Actividad 4 **Utilidad del capacitor y cálculo de su energía almacenada**

Conecta el capacitor de 1[F] a las terminales de la fuente de corriente directa (cd) proporcionándole una diferencia de potencial de 5[V] durante el tiempo indicado por el profesor. Desconecta el capacitor de la fuente y conéctalo a las terminales del foco hasta que se apague.

Equipo y material

- Fuente de poder de 60[V] a 0- 3.3 [A] de cd.
- Multímetro digital con cables.
- Foco de 6.3 [V] y capacitor de 1 [F].
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

- a) Con base en el principio de conservación de la energía, determina la energía total recibida por el foco.
- b) Dibuja el diagrama eléctrico de las dos conexiones realizadas

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	37/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

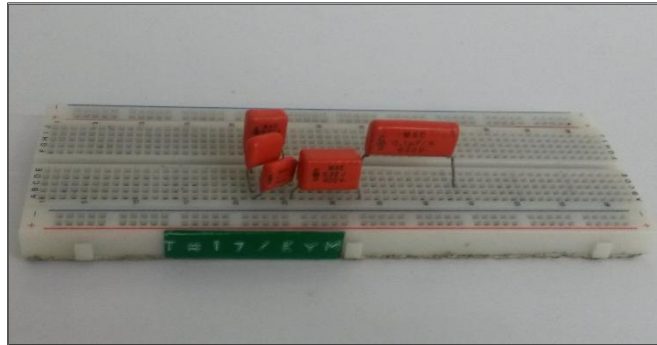
Cuestionario previo.


1. Define el concepto de capacitancia y menciona cuáles son sus unidades en el SI.
2. ¿Qué es un capacitor y cómo funciona?
3. ¿Qué es un material dieléctrico y qué es el campo eléctrico de ruptura?
4. Investiga y elabora una tabla donde se indique el valor de la permitividad eléctrica, la permitividad eléctrica relativa y el campo eléctrico de ruptura de al menos 10 materiales dieléctricos, incluyendo al vidrio, hule o neopreno, madera, acrílico y cartón o papel.
5. Investiga el modelo matemático que relaciona el campo eléctrico de ruptura con la diferencia de potencial máxima que se le puede aplicar a un capacitor

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	38/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 6

Conexiones con capacitores



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	39/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:

El alumno analizará el comportamiento de las variables eléctricas en conexiones de capacitores en serie y en paralelo, y comentará con el grupo sobre las aplicaciones de este tipo de arreglos.

II. Objetivos específicos:


- Identificar los valores nominales de un capacitor y realizar una prueba destructiva.
- Definir y comprender lo que es una conexión en serie y una conexión en paralelo.
- Encontrar experimentalmente la relación que existe entre las diferencias de potencial y la carga almacenada en conexiones de capacitores.

3. Introducción

Como algunas aplicaciones típicas de los capacitores podemos citar:

- Bancos de capacitores, por su cualidad de almacenar energía.
- Filtros eléctricos.
- Asociados al flash de las cámaras fotográficas.
- Conectados a tubos fluorescentes.
- Circuitos electrónicos que logren mantener la corriente eléctrica (fuentes de corriente) y circuitos que conserven las diferencias de potencial.

Son utilizados también en circuitos asociados a: ventiladores, motores de aire acondicionado, en iluminación, refrigeración, compresores, bombas de agua y motores de corriente alterna. En los circuitos eléctricos, dos de las conexiones más comunes y básicas de sus ramas o elementos son en serie y en paralelo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	40/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Equipo y material



Foto 1.
Fuente de 0-60 [V] y 0-
5.1 [A] de cd.



Foto 2.
Medidor LCR

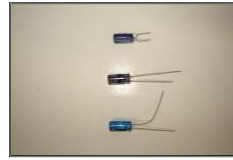


Foto 3.
Capacitores
electrolíticos
(proporcionados por los
alumnos).

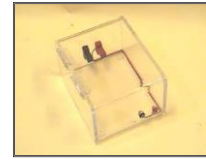


Foto 4.
Caja para prueba
destruictiva.

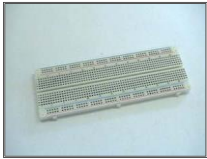


Foto 5.
Tableta de proyectos
(proporcionada por los
alumnos).

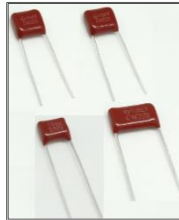



Foto 6.
Capacitores de poliéster.



Foto 7.
Cables para conexión
(proporcionados por los
alumnos).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	41/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1 Conexión de capacitores en serie


De los capacitores disponibles, selecciona tres de valores diferentes y realiza las actividades indicadas.

Equipo y material

- Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd.
 - Medidor LCR.
 - Capacitores de poliéster.
 - Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
 - Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- a) Mide la capacitancia de cada capacitor seleccionado y registra las mediciones.
 - b) Conecta los tres capacitores en serie, calcula el capacitor equivalente de la conexión con los valores medidos y compáralo con la lectura obtenida con el medidor LCR.
 - c) Aplica en los extremos de la conexión una diferencia de potencial de 12 [V] y calcula la carga del capacitor equivalente (Q_{eq}).
 - d) Como las cargas en los capacitores conectados en serie son iguales, entre sí y a la del equivalente, calcula la diferencia de potencial en cada capacitor, con ellas verifica que la suma de las diferencias de potencial es igual a la aplicada por la fuente.

	C[F] medida	V[V] calculado	Q[c] calculado	U[J] calculada
C_1				
C_2				
C_3				
C_{eq}				

- e) Dibuja el diagrama eléctrico de la conexión realizada

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	42/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2 **Conexión de capacitores en paralelo**

Con los tres capacitores empleados en la actividad 1 realiza lo que se te indica.

Equipo y material

- Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd.
- Medidor LCR.
- Capacitores de poliéster.
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

- a) Conecta los tres capacitores en un arreglo en paralelo.
- b) Compara el valor del capacitor equivalente calculado con el medido con el medidor LCR.
- c) Aplica una diferencia de potencial de 12[V] al arreglo y calcula la carga en cada uno de los capacitores y compara la suma de las cargas individuales con la carga del capacitor equivalente.

	C[F] medida	V[V] calculado	Q[c] calculado	U[J] calculada
C ₁				
C ₂				
C ₃				
C _{eq}				

- d) Dibuja el diagrama eléctrico de la conexión realizada.


Actividad 3 **Conexión mixta de capacitores**

Con los mismos tres capacitores empleados en las actividades anteriores realiza lo que se te indica.

Equipo y material

- Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd.
- Medidor LCR.
- Capacitores de poliéster
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

- a) Conecta los capacitores en un arreglo mixto.
- b) Calcula el valor del capacitor equivalente y compara este valor con el obtenido con el medidor LCR.
- c) Aplica una diferencia de potencial de 12 [V] en las terminales de la conexión. Calcula la carga en el capacitor equivalente (Q_{eq}).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	43/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- d) Calcula la diferencia de potencial en cada capacitor, recuerda que los capacitores en serie tienen carga almacenada del mismo valor, y los capacitores en paralelo tienen el mismo valor de diferencia de potencial.
- e) Verifica que la suma de las diferencias de potencial en la conexión mixta es igual a la aplicada por la fuente.
- f) Dibuja el diagrama eléctrico de la conexión realizada.


Actividad 4 **Capacitores polarizados y sus valores nominales**

Utilizando el equipo y material disponible realiza lo indicado.

Equipo y material

- Capacitores electrolíticos.
- Caja para prueba destructiva.
- Fuente de 60 [V] y 0- 5.1 [A] de cd.
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

- a) Conecta uno de los capacitores, con su polaridad invertida, a las terminales interiores de la caja de prueba destructiva. Conecta la fuente de poder a la caja de prueba, y empezando desde 0 [V] incrementa su diferencia de potencial de manera gradual hasta observar algún efecto en el capacitor bajo prueba.
- b) ¿El capacitor sufrió algún daño? Si así fue, registra para qué valor de diferencia de potencial ocurrió; compara este valor con la diferencia de potencial nominal.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	44/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

Cuestionario previo.


1. Explica la diferencia entre el valor nominal y el valor experimental de un capacitor.
2. Investiga las expresiones para obtener la capacitancia equivalente de una conexión de capacitores en serie y una conexión en paralelo.
3. ¿Cómo es la carga eléctrica y la diferencia de potencial en cada uno de los capacitores conectados en serie comparados estos valores con los del capacitor equivalente?
4. Considera una conexión en serie de tres capacitores: 4 $[\mu\text{F}]$, 6 $[\mu\text{F}]$ y 12 $[\mu\text{F}]$ a la que se le aplica una diferencia de potencial de 24 [V]. Calcula la carga y la diferencia de potencial en cada capacitor incluyendo el equivalente.
5. Considera una conexión en paralelo de tres capacitores: 4 $[\mu\text{F}]$, 6 $[\mu\text{F}]$ y 12 $[\mu\text{F}]$ a la que se le aplica una diferencia de potencial de 24 [V]. Calcula la carga y la diferencia de potencial en cada capacitor incluyendo el equivalente.
6. Investiga algunas aplicaciones de los capacitores.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	45/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 7

Corriente y resistencia eléctricas



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	46/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:

El alumno analizará los conceptos de corriente, resistencia eléctrica y resistividad; los relacionará a través de la ecuación de Ohm. Conocerá el concepto de potencia eléctrica y lo cuantificará mediante el estudio del efecto Joule en materiales conductores.

II. Objetivos específicos:


- Conocer y aplicar el concepto de corriente eléctrica.
- Calcular la cantidad llamada resistencia eléctrica.
- Aplicar la ecuación de Ohm.
- Calcular la potencia eléctrica de un elemento conductor y la energía disipada en un intervalo de tiempo.

3. Introducción

La ecuación de Ohm, postulada por el físico y matemático alemán Georg Simon Ohm, es una de las relaciones fundamentales de la electrodinámica, estrechamente vinculada con los valores de las cantidades físicas básicas presentes en cualquier circuito eléctrico como son:

1. Diferencia de potencial (**V**), en volts [V].
2. Intensidad de corriente eléctrica (**I**), en amperes [A].
3. Resistencia eléctrica (**R**), en ohms [Ω].

Existen materiales que presentan oposición al paso de la corriente eléctrica en su interior, en estos materiales de acuerdo con la ecuación de Ohm, para una diferencia de potencial constante, el valor de la resistencia eléctrica varía inversamente proporcional al valor de la corriente eléctrica; es decir, si la resistencia aumenta, la corriente disminuye y viceversa, siempre y cuando, en ambos casos, la diferencia de potencial se mantenga fija.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	47/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Por otro lado, de acuerdo con la propia ecuación de Ohm, el valor de la diferencia de potencial es directamente proporcional a la intensidad de la corriente; por tanto, si la diferencia de potencial aumenta o disminuye la corriente que circula por el circuito aumentará o disminuirá en la misma proporción, siempre y cuando el valor de la resistencia conectada al circuito se mantenga constante.

El postulado general de la ecuación de Ohm afirma que el flujo de carga o corriente eléctrica que circula por un circuito eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada, e inversamente proporcional a la resistencia total que tiene conectada.

4. Equipo y material



Foto 1.
Fuente de 0-60 [V] y
0-3.3 [A] de cd.



Foto 2.
Multímetro digital con
cables.




Foto 3.
Soporte con alambre de
nicrómel.



Foto 4.
Tablero con diferentes
muestras de alambre
nicrómel.



Foto 5.
Cables para conexión
(proporcionados por los
alumnos).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	48/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1 Resistencia eléctrica en función de la longitud del conductor

Con el equipo y material disponible, verifica el tipo de relación de proporcionalidad que existe entre los valores de resistencia eléctrica (R) en función de la longitud (L) de un alambre de nicrómel.

Equipo y material


- Multímetro digital con cables.
- Tablero con diferentes muestras de alambre de nicrómel.

- a) Empleando el tablero de muestras de conductores, en la sección en forma de zig-zag, realiza las mediciones necesarias para llenar la tabla.

Tabla 7.1

L[m]	R[Ω]

- b) Dibuja la gráfica del comportamiento de la resistencia eléctrica (R) en función de la longitud (L) del conductor
- c) Obtén el modelo matemático de la gráfica del inciso anterior.
- d) A partir de la interpretación física de la pendiente, determina el valor de la resistividad eléctrica (ρ)

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	51/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 **La ecuación de Ohm**

Con el equipo y material propuesto, diseña un experimento para determinar el valor de la resistencia eléctrica (R) de un conductor, por el cual circularán corrientes eléctricas (I) impulsadas por la fuente de poder para distintos valores de diferencia de potencial (V_{ab}).

Equipo y material


- Fuente de 0-60 [V] y 0-3.3 [A] de cd.
- Multímetro digital con cables.
- Soporte con alambre de níquel.
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

a) Toma las lecturas de diferencia de potencial para el llenado de la siguiente tabla.

Tabla 7.4

V[V]	I[A]
3	
6	
9	
12	
15	
18	

- b) Traza la gráfica correspondiente a la variación de la corriente (I) en función de la diferencia de potencial (V_{ab}) aplicada, $I=f(V_{ab})$.
- c) Obtén el modelo matemático correspondiente a la gráfica obtenida.
- d) A partir de la pendiente del modelo matemático anterior determina el valor de la resistencia del conductor.
- e) Mide la resistencia del alambre de níquel utilizado ($R_{referencia}$) y calcula el error de exactitud del valor de resistencia obtenido a través del modelo matemático ($R_{experimental}$)

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	52/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4 **Potencia eléctrica (efecto Joule)**

Con el equipo y material propuesto, diseña un experimento para cuantificar la potencia eléctrica disipada por el alambre de nicrómel, por el cual circularán corrientes eléctricas (I) impulsadas por la fuente de poder para distintos valores de diferencia de potencial (V_{ab}).

Con el circuito de la actividad anterior, el objetivo principal será la obtención de la potencia eléctrica disipada por el conductor.

Equipo y material


- Fuente de 0-60 [V] y 0-3.3 [A] de cd.
- Soporte con alambre de nicrómel.
- Multímetro digital con cables.
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

- a) Registra en la tabla la información que permita verificar el comportamiento de las variables presentes en el experimento.

Tabla 7.5

V_{ab} [V]	I_{medida} [A]	$R_{calculada}$ [Ω]	$P_{calculada}$ [W]
5			
10			
15			
20			
25			

- b) Analiza y comenta con tus compañeros la importancia de los efectos de la energía disipada en un material conductor, por ejemplo: la elevación de la temperatura y la dilatación lineal del alambre, en un tiempo determinado.
- c) Compara el valor de resistencia obtenida del modelo matemático en la actividad 3 con las resistencias calculadas de la tabla. ¿Qué puedes concluir?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	53/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.


7. Anexos

Cuestionario previo.

1. Define la corriente eléctrica, sus tipos, menciona cuál es su unidad en el Sistema Internacional (SI) y da una explicación de esta cantidad física.
2. Define la resistencia eléctrica, menciona cuál es su unidad en el SI y explica en qué consiste esta propiedad de los conductores.
3. En qué consiste la propiedad de los conductores denominada resistividad y cómo se comporta ante los cambios de temperatura.
4. Enuncia la ecuación de Ohm.
5. Define la ecuación de la potencia eléctrica, menciona cuál es su unidad en el SI y da una explicación de este fenómeno.
6. Explica en qué consiste el efecto Joule.

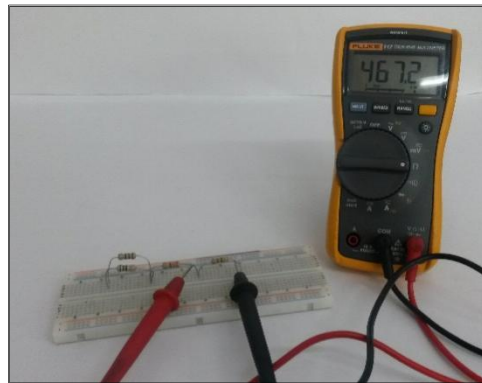
Expresiones matemáticas necesarias


$$V = Ri \quad P = Vi \quad P = Ri^2 \quad R = \frac{\rho l}{A}$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	54/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 8

Leyes de Kirchhoff



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	55/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:


El alumno analizará el comportamiento de las variables eléctricas: diferencia de potencial eléctrico, corriente eléctrica y resistencia eléctrica en circuitos resistivos con conexiones en serie y en paralelo, aplicando las leyes de Kirchhoff en el estudio de circuitos resistivos con fuentes de diferencia de potencial continuo.

II. Objetivos específicos:

- Comprobar experimentalmente que la suma algebraica de las diferencias de potencial en una malla en un circuito eléctrico es cero.
- Comprobar experimentalmente que la suma algebraica de las corrientes eléctricas que coinciden en un nodo es cero.
- Deducir las leyes de Kirchhoff a partir de los resultados anteriores.
- Observar la diferencia de potencial en función del tiempo de un capacitor en un circuito RC serie y determinar su constante de tiempo.

3. Introducción

Gustav Robert Kirchhoff (1824 - 1887) físico de origen alemán que realizó numerosas aportaciones a la ciencia, destacando las que hizo en espectroscopía, en la óptica, en los circuitos eléctricos y en la emisión de cuerpo negro, entre otras. Llegó a ser muy conocido por sus leyes en los circuitos eléctricos, ampliamente utilizadas en la ingeniería eléctrica, las cuales se basan en dos principios fundamentales de la Física. La ley de las corrientes de Kirchhoff afirma que, en cualquier punto de conexión de un circuito eléctrico, la suma de las corrientes que entran es igual a la suma de las corrientes que salen; esta ley se basa en la aplicación práctica del Principio de Conservación de la carga eléctrica. La ley de los voltajes (o diferencias de potencial) de Kirchhoff enuncia que, en un circuito, la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico en una malla, o trayectoria cerrada, debe ser igual a cero; esta ley se basa en el Principio de Conservación de la energía.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	56/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Equipo y material



Foto 1.
Fuente 0 - 60 [V] y 0-5.1 [A] de cd.



Foto 2.
Multímetro digital con cables.

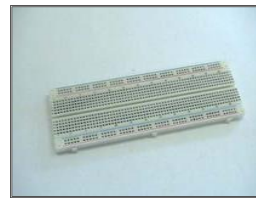


Foto 3.
Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).

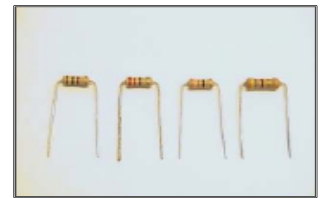


Foto 4.
Resistores de carbón de: 1000[Ω], 470[Ω], 330[Ω], 220[Ω], 180[Ω], 120[Ω], 100[Ω], 39[Ω], 27[Ω], 22[Ω] y 18[Ω], todos a 1[W] (proporcionados por los alumnos).



Foto 5.
Focos (proporcionados por los alumnos).

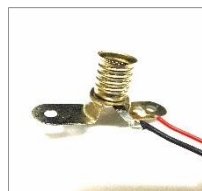


Foto 6
Bases de focos (proporcionados por los alumnos).

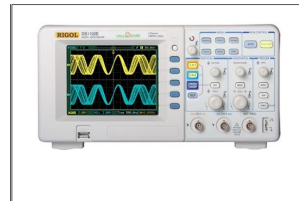



Foto 7.
Osciloscopio



Foto 8.
Generador de funciones



Foto 9.
Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	57/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1 Circuito de resistores en serie

Con los resistores de 1000 $[\Omega]$, el de 470 $[\Omega]$ y el de 330 $[\Omega]$ realiza las actividades indicadas. **Presta especial atención en la forma de conectar el multímetro cuando se desea medir corriente o diferencia de potencial eléctricas.**

Equipo y material:


- Multímetro digital con cables.
- Resistores de 1000 $[\Omega]$, 470 $[\Omega]$ y 330 $[\Omega]$ (proporcionados por los alumnos).
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
- Fuente de 0-60[V] y 0-5.1 [A] de cd.

- a) Mide el valor de resistencia de cada resistor y regístralo en la Tabla 8.1.
- b) Conecta los tres resistores en serie, calcula el resistor equivalente de la conexión con los valores medidos y compáralo con la lectura medida con el multímetro.
- c) Aplica en los extremos de la conexión una diferencia de potencial de 12 [V] y calcula la corriente eléctrica en el resistor equivalente.
- d) Dibuja el diagrama eléctrico del circuito rotulando todos los nodos.
- e) Completa la tabla 8.1 con los resultados de los cálculos y mediciones de corriente, diferencia de potencial y potencia realizadas según corresponda.

Tabla 8.1

$R_{nom.} [\Omega]$	$R_{med.} [\Omega]$	$I_{med.} [A]$	$V_{calc.} [V]$	$V_{med.} [V]$	$P_{calc.} [W]$

- f) Identifica las relaciones entre las corrientes en los diferentes resistores; así como las relaciones entre las diferencias de potencial. Anota tus conclusiones.
- g) Determina la potencia total disipada por los resistores del circuito y compárala con la potencia suministrada por la fuente, calculada a través de la ley de Joule.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	58/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2 Circuito de resistores en paralelo

Con los resistores seleccionados en la actividad 1, realiza lo solicitado. **Presta especial atención en la forma de conectar el multímetro cuando se desea medir corriente o diferencia de potencial eléctricas.**

Equipo y material


- Multímetro digital con cables.
- Resistores de 1000[Ω], 470[Ω] y 330[Ω] (proporcionados por los alumnos).
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
- Fuente de 0-60[V] y 0-5.1 [A] de cd.

- a) Realiza una conexión en paralelo, calcula el resistor equivalente de la conexión con los valores medidos y compáralo con la lectura medida con el multímetro.
- b) Aplica en los extremos de la conexión una diferencia de potencial de 12 [V]. Calcula la corriente eléctrica en el resistor equivalente.
- c) Dibuja el diagrama eléctrico del circuito rotulando todos los nodos.
- d) Anota en la Tabla 8.2 los resultados de los cálculos y mediciones de corriente, diferencia de potencial y potencia, según corresponda.

Tabla 8.2

$R_{med.} [\Omega]$	$V_{med.} [V]$	$I_{calc.} [A]$	$I_{med.} [A]$	$P_{calc.} [W]$

- e) Identifica las relaciones entre las corrientes en los diferentes resistores; así como las relaciones entre las diferencias de potencial. Anota tus conclusiones.
- f) Determina la potencia total disipada por los resistores del circuito y compárala con la potencia suministrada por la fuente, obtenida con la aplicación de la ley de Joule.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	59/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 Circuito resistivo con dos fuentes de valor constante.

Implementa el circuito mostrado en la figura.

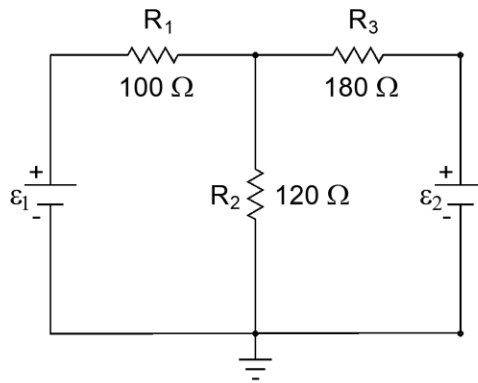


Figura 8.1

Se sugiere: $\varepsilon_1=10$ [V], $\varepsilon_2=5$ [V].

NOTA: antes de encender las fuentes solicita a tu profesor la verificación de las conexiones.

Equipo y material


- Multímetro digital con cables.
- Resistores de $100[\Omega]$, $120[\Omega]$ y $180[\Omega]$ (proporcionados por los alumnos).
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
- Dos fuentes de $0-60[V]$ y $0-2$ [A] de cd. Aplicar máximo 12 V

- a) Mide la diferencia de potencial y la corriente eléctrica de cada resistor y registra los resultados en la tabla 8.3.

Tabla 8.3

R[Ω]	V _{med.} [V]	I _{med.} [A]
100		
120		
180		

- b) Verifica que las leyes de Kirchhoff se cumplen.
c) Dibuja el diagrama con la conexión de los instrumentos de medición y su polaridad. Indica si las fuentes suministran energía, justifica su respuesta.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	60/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4 Aplicación de las leyes de Kirchhoff

Para el circuito mostrado y considerando los valores nominales de voltaje y corriente (datos del fabricante) de los focos, realiza lo que se indica.

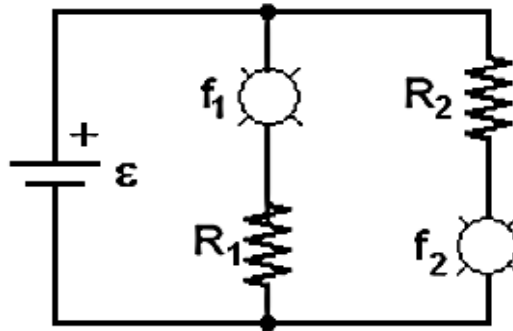


Figura 8.2

Equipo y material


- Resistores de valores diversos. (proporcionados por los alumnos)
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd.
- Focos (proporcionado por los alumnos).
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
- Bases para focos.

- a) Efectúa los cálculos necesarios (resistencia y potencia), para encontrar el resistor que permita el funcionamiento correcto e independiente de cada foco. Considerando que el valor de la diferencia de potencial de la fuente deberá ser de 8[V]. La ecuación para el cálculo de cada resistencia se muestra a continuación, obtenida de la aplicación de la ley de voltajes de Kirchhoff (LKV).

$$R = \frac{V_{fuente} - V_{foco}}{i_{foco}}$$

En donde: R es la resistencia necesaria, V_{fuente} es la diferencia de potencial suministrada por la fuente, V_{foco} es la diferencia de potencial nominal del foco e i_{foco} es la corriente nominal del foco.

- b) Con la ayuda de la tableta de proyectos arma el circuito y energízalo para verificar la validez de las leyes de Kirchhoff midiendo la diferencia de potencial y corrientes eléctricas en cada elemento.
- c) Dibuja el diagrama eléctrico del circuito, anota tus cálculos, mediciones y ecuaciones correspondientes.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	61/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 5 **Circuito RC serie.**

Arma el circuito que se muestra en la figura, en la tableta de proyectos (protoboard).

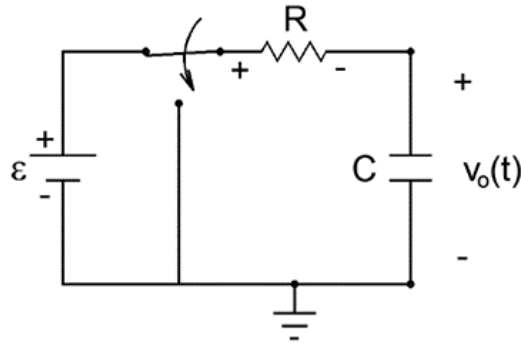



Figura 8.3

Equipo y material

- Resistor 1 [kΩ]
- Generador de funciones (200 [Hz])
- Capacitor 0.22 [μF]
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Osciloscopio.
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).

- a) Observa en el osciloscopio el comportamiento de la diferencia de potencial en el capacitor y dibuja la gráfica.
- b) Determina el valor de la constante de tiempo (τ) con el osciloscopio y compárala con el valor de referencia $\tau = RC$.
- c) Anota el modelo matemático de la gráfica del inciso a) de esta actividad.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	62/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

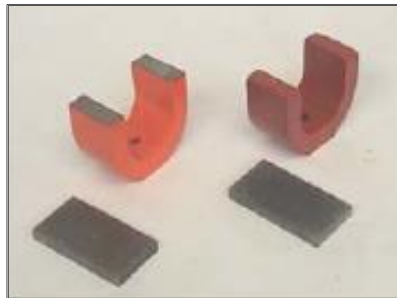
Cuestionario previo.


1. Investiga y enuncia el principio de conservación de la carga y el de la energía.
2. Investiga cómo se utiliza el código de colores para determinar el valor de un resistor.
3. Investiga las expresiones para obtener la resistencia equivalente de una conexión de resistores en serie y una conexión en paralelo.
4. ¿Cómo es la corriente eléctrica y la diferencia de potencial en cada uno de los resistores conectados en serie comparados estos valores con los del resistor equivalente?
5. ¿Cómo es la corriente eléctrica y la diferencia de potencial en cada uno de los resistores conectados en paralelo comparados estos valores con los del resistor equivalente?
6. Describe el comportamiento de un circuito RC y menciona algunas de sus aplicaciones.
7. Para un circuito RC en serie con fuente de diferencia de potencial continua, ¿cuál es el modelo matemático que describe el comportamiento de la diferencia de potencial del capacitor, en función del tiempo, así como su gráfica correspondiente?
8. ¿Cómo se determina la constante de tiempo para el circuito RC de la pregunta anterior?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	63/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 9

Fundamentos del magnetismo



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	64/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	
3	Retirar el núcleo del solenoide energizado.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:


El alumno conocerá los fundamentos del magnetismo, comprenderá el concepto de campo magnético, deducirá las propiedades de las líneas de campo y comentará con el grupo algunas aplicaciones.

II. Objetivos específicos:

- Explicar el concepto de campo magnético.
- Conocer las unidades de medición del campo magnético.
- Conocer los fenómenos magnéticos fundamentales.
- Deducir y comprender las condiciones bajo las que se manifiesta el campo magnético.
- Conocer y utilizar el concepto de líneas de inducción magnética (B).

3. Introducción

Las primeras descripciones de fenómenos relacionados con magnetismo se remontan a la Grecia antigua con el descubrimiento de la magnetita y su efecto de atracción y repulsión en piezas de hierro. Históricamente el estudio formal del magnetismo fue abordado mediante los experimentos de H. C. Oersted en el año de 1820 en donde se detalló la generación de campo magnético con ayuda de una corriente circulando por un medio conductor, en el mismo siglo XIX se dieron una serie de descubrimientos encabezados por personalidades como: André Marie Ampere, Carl Friedrich Gauss, Michael Faraday y James Clerk Maxwell, llevaron a la comprensión de la teoría actual del magnetismo. En la actualidad las aplicaciones de fenómenos relacionados con magnetismo son muy variadas y la ciencia del magnetismo se ha vuelto indispensable en el desarrollo tecnológico. Entre las principales aplicaciones se encuentra la fabricación de materiales magnéticos como medio ideal de almacenamiento de datos, lo que ha permitido aumentar la capacidad de almacenamiento de información a menor costo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	65/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

También se ha logrado el diseño de instrumentos y materiales para la medicina como es el caso de *la resonancia magnética* para el diagnóstico de enfermedades, en estos equipos mediante la ingesta de materiales magnéticos como medio de contraste y la aplicación de campos magnéticos intensos, es posible obtener imágenes tridimensionales de diferentes órganos y tejidos.

4. Equipo y material



Foto 1.
Brújula.



Foto 2.
Brújula con transportador.

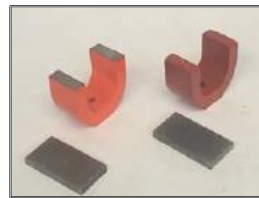


Foto 3.
Dos imanes en forma de herradura.



Foto 4.
Limadura de hierro.



Foto 5.
Fuente de poder de 0-20 [V] 0-10 [A] de cd.



Foto 6.
Bobina de 80 espiras.



Foto 7.
Solenoides de 800 vueltas y núcleo recto de acero.



Foto 8.
Osciloscopio.



Foto 9.
Conductor recto de cobre conectado a una fuente de alto voltaje (para uso del profesor).

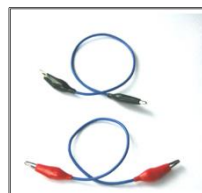



Foto 10.
Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	66/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1 Polos magnéticos

Con el material propuesto, verifica la existencia de los polos magnéticos de la Tierra y de los imanes en forma de herradura.

Equipo y material

- Brújula con transportador.
- Brújula.
- Dos imanes en forma de herradura.
- Limadura de hierro.

- a) Analiza y comenta con el grupo lo realizado.
- b) Dibuja el esquema correspondiente a las líneas de campo magnético (\vec{B}) que se forman alrededor de la Tierra, indicando los polos magnéticos y los geográficos.
- c) Dibuja el esquema correspondiente a las líneas de campo magnético (\vec{B}) que se forman alrededor de un imán en forma de herradura identificando sus polos magnéticos


Actividad 2 Campo magnético producido por un conductor recto (experimento de Oersted)

Empleando el equipo propuesto, comprueba la existencia del campo magnético producido por un conductor a través del cual circula una corriente eléctrica.

Equipo y material:

- Conductor recto con una corriente continua de 60 [A] (para uso del profesor).
- Juego de brújulas y limadura de hierro.

- a) Dibuja el esquema correspondiente a las líneas de campo magnético que se forman alrededor del conductor recto e indica su dirección.
- b) Explica en un diagrama la regla de la mano derecha
- c) Escribe las características de las líneas de campo que hayas identificado.
- d) ¿En qué zona, respecto al conductor, el campo magnético es más intenso?
- e) ¿El campo magnético es conservativo?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	67/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 **Campo magnético producido por una bobina y por un solenoide**


Con el equipo y material propuesto, comprueba la existencia de un campo magnético producido por una bobina y un solenoide.

Equipo y material

- Brújula.
- Limadura de hierro.
- Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd.
- Solenoide de 800 vueltas y núcleo recto de acero.
- Bobina de 80 espiras.
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

ADVERTENCIA: Cuando el solenoide esté energizado, por ningún motivo retires el núcleo de hierro.

- a) Conecta la fuente de poder a la bobina y haz circular una corriente de 4[A]. Con ayuda de la limadura de hierro y la brújula, comprueba la presencia del campo magnético (\vec{B}) y dibuja un diagrama que muestre las líneas del campo magnético producido e identifique los polos magnéticos de la bobina.
- b) Conecta la fuente de poder al solenoide y haz circular una corriente de 2[A]. Con ayuda de la limadura de hierro y la brújula, comprueba la presencia del campo magnético (\vec{B}) y dibuja un diagrama que muestre las líneas del campo magnético producido e identifica los polos magnéticos del solenoide.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	68/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4 Efectos del campo magnético

Con ayuda del profesor ajusta el osciloscopio para observar un punto en la pantalla de éste.

Equipo y material

- Imán de herradura.
- Osciloscopio.

- a) Acerca el polo norte del imán en forma de herradura a la pantalla del osciloscopio, como se muestra en la figura.

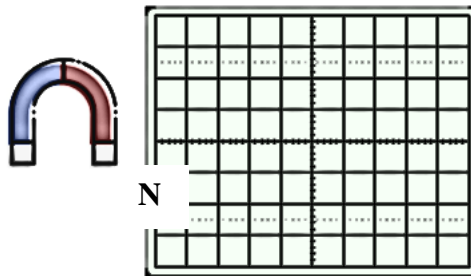



Figura 9.1

Explica lo que sucede en cada caso.

- b) Dibuja un esquema que muestre la velocidad (\vec{v}) del electrón, el campo magnético (\vec{B}) y la fuerza de origen magnético (\vec{F}) que actúa sobre el electrón. Indique las direcciones de estos vectores.
- c) ¿Qué sucede con la fuerza de origen magnético (\vec{F}) cuando se acerca el polo sur?
- d) Dibuja un esquema que muestre la velocidad (\vec{v}), el campo magnético (\vec{B}) y la fuerza de origen magnético (\vec{F}) que actuaría sobre un protón. Indique las direcciones de estos vectores.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	69/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

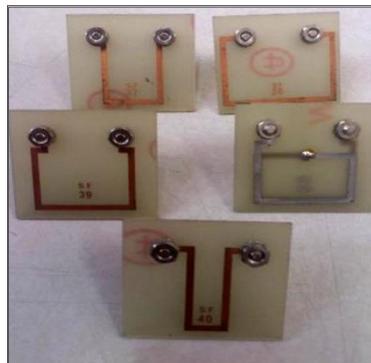
Cuestionario previo.


1. Explica el concepto de campo magnético.
2. ¿Qué instrumento se utiliza para medir un campo magnético? y ¿cuál es su unidad en el SI?
3. ¿Qué propiedades tienen las líneas de campo magnético?
4. ¿Dónde se localizan los polos magnéticos de la Tierra? Explica mediante un diagrama.
5. Describe en qué consiste el experimento de Oersted.
6. ¿Qué es un solenoide?
7. Investiga el funcionamiento del tubo de Crookes.
8. Investiga el modelo matemático de la fuerza de origen magnético que experimenta una partícula con carga que se mueve dentro de un campo magnético.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	70/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 10

Fuerza de origen magnético sobre conductores



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	71/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:

El alumno comprenderá los efectos producidos por la interacción de campos magnéticos y obtendrá el modelo matemático de la fuerza magnética sobre conductores con corriente eléctrica.

II. Objetivos específicos:


- Deducir el modelo matemático para el cálculo del vector fuerza magnética que actúa en un conductor recto con corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético.
- Obtener experimentalmente el modelo matemático de la fuerza magnética en función de la corriente en el conductor.
- Obtener experimentalmente el modelo matemático de la fuerza magnética en función de la longitud del conductor.
- Conocer la estructura básica de un motor de corriente directa.

3. Introducción

Sabemos que una carga eléctrica crea un campo eléctrico y que éste es capaz de ejercer una fuerza sobre otra carga. Un campo magnético ejerce una fuerza sobre una carga siempre y cuando esta última esté en movimiento. Podemos afirmar que una carga genera un campo magnético solo cuando está en movimiento.

La fuerza de origen magnético (\vec{F}_m) que experimenta una carga (q) en movimiento, se puede calcular con la expresión (obtenida experimentalmente): $\vec{F}_m = q \vec{v} \times \vec{B}$ en la que \vec{v} es la velocidad de dicha carga y \vec{B} es el campo magnético en el que se halla inmersa. A partir de esta expresión, resulta sencillo determinar la fuerza magnética que experimenta un conductor con corriente eléctrica cuando éste se halla inmerso en un campo magnético.

Con base en lo anterior, podemos tener una configuración en la que se tienen fuerzas de interacción entre conductores con corriente, las cuales desempeñan un papel importante en muchas situaciones

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	72/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

prácticas en las que los conductores con corriente se hallan muy cerca uno del otro; inclusive esta configuración tiene un papel relevante asociada a la definición de la unidad del Sistema Internacional denominada ampere. Cada conductor se encuentra en el campo magnético producido por el otro por lo que cada uno experimenta una fuerza.

Vale la pena destacar que, adicionalmente, lo anterior es el principio básico de funcionamiento de un motor eléctrico, así como del instrumento de medición denominado multímetro.

4. Equipo y material



Foto 1.
Teslámetro digital
(Para uso del profesor).



Foto 2.
Teslámetro analógico.
(Para uso del profesor).



Foto 3.
Soporte, imán y
conductor recto.



Foto 4.
Soporte universal.

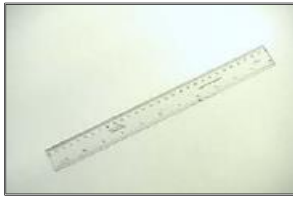


Foto 5.
Regla graduada.



Foto 6.
Balanza de 400 [g] y
resolución de 0.01 [g].

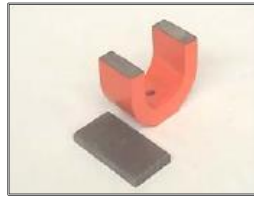


Foto 7.
Imán en forma de
herradura.



Foto 8.
Fuente de poder de 0-20
[V] 0-10 [A] de cd.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	73/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Foto 9.
Conductor en forma de
columpio.

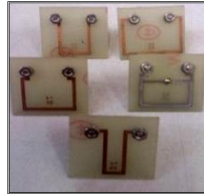


Foto 10.
Juego de conductores
impresos (SF-38, SF-39,
SF-40, SF-41 y SF-42).

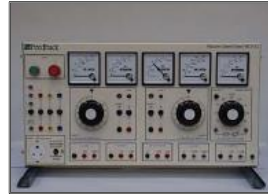


Foto 11.
Módulo feedback
Machine control panel
MCP182.



Foto 12.
Motor feedback EMT180.




Foto 13.
Tacómetro manual.



Foto 14.
Brújula.



Foto 15.
Lámpara Estroboscópica.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	74/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1 Fuerza magnética sobre un conductor con corriente

Utilizando el material y equipo propuesto, diseña un experimento para comprobar la existencia de una fuerza magnética sobre un conductor, a partir de la corriente eléctrica que circula en él estando inmerso en un campo magnético externo.

Equipo y material

- Soporte universal.
- Imán en forma de herradura.
- Conductor en forma de columpio.
- Fuente de poder de 0 a 20 [V] 0-10 [A] de cd.
- Soporte.

- Con la fuente de poder suministra una corriente eléctrica máxima de 4 [A]. Elabora el esquema de conexión propuesto e indica la posición relativa de los vectores: *longitud del conductor* (\vec{l}), *campo magnético externo* (\vec{B}_{ext}) y *fuerza magnética* (\vec{F}_m) involucrados en este experimento.
- Después invierte únicamente el sentido de la corriente, observa que sucede con el vector fuerza magnética y elabora el esquema de conexión propuesto e indica la posición relativa de los vectores.
- Con base en el producto cruz, del álgebra vectorial, verifica la dirección de la fuerza magnética.
- El diagrama siguiente muestra un conductor (en forma de U) con corriente eléctrica e inmerso en un campo magnético generado por un imán; observa qué este último se halla sobre el platillo de una balanza. Dibuja el vector fuerza de origen magnético que se tendría en el conductor.

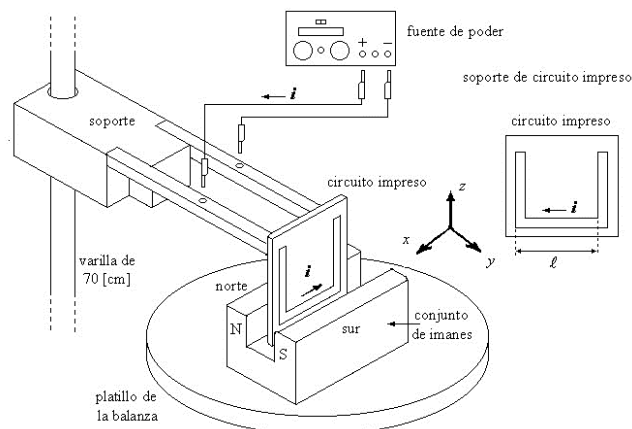



Figura 10.1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	75/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- e) Con base en la tercera ley de Newton deduce cómo es la fuerza que se presenta en el imán debido a la fuerza del inciso anterior. Dibújala también en el diagrama.
- f) De acuerdo con el inciso anterior, indica si en la balanza se manifiesta un aumento o una disminución de masa aparente del imán. Justifica tu respuesta.

Actividad 2 Fuerza magnética en función de la corriente eléctrica en un conductor inmerso en un campo magnético externo.

Con el material y equipo propuesto, realiza un experimento donde puedas verificar el comportamiento de la magnitud de la fuerza magnética cuando varía la corriente eléctrica en el conductor.

Equipo y material


- Soporte universal.
- Regla graduada.
- Balanza de 400 [g] y resolución de 0.01 [g].
- Soporte, imán y conductor recto impreso (SF-42, L= 8[cm]).
- Fuente de poder de 0 a 20 [V] 0-10 [A] de cd.

- a) Registra en la tabla el comportamiento de las variables del experimento (F_m e I), para los valores de corriente indicados. Considere $g_{CU}=9.78 [m/s^2]$.

Tabla 10.1

I[A]	m [kg]	$\Delta m = m_i - m_0 $ [kg]	$F_m = (\Delta m) \cdot (g)$ [N]
0	$m_0 =$		
0.5	$m_1 =$		
1.0	$m_2 =$		
1.5	$m_3 =$		
2.0	$m_4 =$		
2.5	$m_5 =$		
3.0	$m_6 =$		

- b) Dibuja el modelo gráfico y obtén el modelo matemático de la fuerza magnética en función de la corriente eléctrica ($F_m = m I + b$).
- c) A partir de la pendiente obtenida, determina el valor del campo magnético del imán utilizado y compáralo con su valor de referencia. Recuerda que $\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}_{ext}$
- d) Elabora el esquema donde se indica la posición relativa de los vectores: *longitud del conductor* (\vec{l}), *campo magnético externo* (\vec{B}_{ext}) y *fuerza magnética* (\vec{F}_m) involucrados en este experimento.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	76/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 Fuerza magnética en función a la variación de la longitud de un conductor inmerso en un campo magnético externo.

Con el material y equipo propuesto, realiza un experimento donde puedas verificar el comportamiento de la magnitud de la fuerza magnética cuando varía la longitud del conductor con una corriente de 2[A], inmerso en un campo magnético externo.

Equipo y material:


- Soporte universal.
- Regla graduada.
- Balanza de 400 [g] y resolución de 0.01 [g]
- Soporte, imán y juego de conductores impresos de diferente longitud.
- Fuente de poder de 0 a 20 [V] 0-10 [A] de cd.

- a) Registra en la tabla el comportamiento de las variables del experimento (F_m y L), para diferentes valores de longitud. Considere $g_{CU}=9.78 [m/s^2]$. Mide la masa de referencia del imán (m_0).

Tabla 10.2

L[m]	m [kg]	$\Delta m = m_i - m_0 $ [kg]	$F_m = (\Delta m) (g)$ [N]
$L_1 =$	$m_1 =$		
$L_2 =$	$m_2 =$		
$L_3 =$	$m_3 =$		
$L_4 =$	$m_4 =$		
$L_5 =$	$m_5 =$		

- b) Dibuja el modelo gráfico y obtén el modelo matemático de la fuerza magnética en función de la longitud del conductor ($F_m = m L + b$).
- c) A partir de la pendiente obtenida, determina el valor del campo magnético del imán utilizado y compáralo con su valor de referencia. Recuerda que $\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}_{ext}$
- d) Elabora el esquema donde se indique la posición relativa de los vectores: *longitud del conductor* (\vec{l}), *campo magnético externo* (\vec{B}_{ext}) y *fuerza magnética* (\vec{F}_m) involucrados en este experimento.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	77/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4 **Puesta en marcha del motor de CD**

Equipo y material

- Módulo feedback Machine control panel MCP182.
- Motor de C.D. 12 V


ADVERTENCIA: *Toda máquina rotatoria es potencialmente peligrosa, desde el punto de vista mecánico y eléctrico.*

PRECAUCIONES

1. Desconecta la fuente de alimentación antes de realizar una conexión eléctrica.
2. Verifica que las partes del motor estén aseguradas con los tornillos antes de energizarlo.
3. Verifica que las partes del rotor se encuentre fijadas para evitar que se disparen bajo la acción del giro del motor.
4. Antes de arrancar el motor, revisa manualmente que el rotor gire libremente.
5. No realices cambios mecánicos o eléctricos cuando la máquina esté funcionando.
6. Evita usar ropa holgada u objetos personales tales como pulseras o similares cerca de la máquina rotatoria, si tienes el cabello largo mantenlo recogido.
7. Maneja el equipo con cuidado, el alto voltaje está presente en algunas terminales.
8. En caso de emergencia apagar la fuente con el botón rojo.

Con ayuda de tu profesor:

- a) Identifica las partes fundamentales que constituyen al motor de corriente directa y analiza la función que desempeñan.
- b) Comenta las precauciones y cuidados necesarios para la puesta en marcha del motor.
- c) Encender el motor y no aplicar más de 30[V] para evitar daños.
- d) Cuando el motor esté en marcha observa el sentido de giro de la flecha y verifica el sentido de la fuerza de origen magnético.
- e) Elabora un esquema que represente lo anterior y su explicación correspondiente.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	78/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

Cuestionario previo.


- 1 ¿Cuál es la expresión que permite calcular la fuerza de origen magnético (\vec{F}_m) sobre un conductor recto, por el cual circula una corriente eléctrica (i), inmerso en un campo magnético externo (\vec{B}_{ext})?
- 2 Con relación a la ecuación de la pregunta anterior ¿qué pareja de vectores son perpendiculares siempre?
- 3 Si se tienen dos conductores paralelos con corriente eléctrica en el mismo sentido, ¿los conductores experimentan una fuerza magnética de repulsión o de atracción?
- 4 Y si los conductores son paralelos y sus corrientes circulan en sentidos contrarios, ¿la fuerza magnética es de atracción o de repulsión?
- 5 ¿Qué instrumento se utiliza para medir un campo magnético? y ¿cuál es su unidad en el SI?
- 6 Describe los componentes principales de un motor de corriente directa.
- 7 Describe el principio de operación de un motor de corriente directa
- 8 Describa lo que establece la fuerza de Lorentz y anota su expresión matemática.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	79/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 11

Inducción electromagnética



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	80/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	
3	Retirar el núcleo del solenoide energizado.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:

El alumno comprenderá el fenómeno de inducción electromagnética y conocerá las condiciones bajo las cuales se presenta.


II. Objetivos específicos:

- Comprender y aplicar el concepto de flujo magnético.
- Demostrar que puede obtenerse una diferencia de potencial a partir de un campo magnético y deducir las condiciones bajo las cuales ocurre esto.
- Comprender el concepto de fuerza electromotriz (*fem*) inducida.
- Deducir la ley de inducción de Faraday y el principio de Lenz de los fenómenos observados.
- Explicar la ocurrencia de diversos fenómenos con base en la aplicación de la ley del punto anterior.

3. Introducción

La inducción electromagnética es el fenómeno en el que se origina una diferencia de potencial inducida (o fuerza electromotriz inducida) en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable, o bien en un medio móvil respecto a un campo magnético estático. Es así que, cuando dicho cuerpo es un conductor en el que se forma una trayectoria cerrada, se produce una corriente inducida. Este fenómeno fue descubierto por Michael Faraday quien lo expresó indicando que la magnitud de la diferencia de potencial inducida es proporcional a la variación del flujo magnético (*Ley de Faraday*).

Por otra parte, Heinrich Lenz comprobó que la corriente debida a la *fem* inducida genera un flujo magnético que se opone al cambio de flujo magnético externo, de forma tal que la corriente tiende a mantener el flujo constante.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	81/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Los principios de la inducción electromagnética son aplicados en diversos dispositivos y sistemas, por ejemplo:

- Horno de inducción.
- Generador eléctrico.
- Transformador.
- Inductor.

4. Equipo y material



Foto 1.
Limadura de hierro.



Foto 2.
Autotransformador (Variac).



Foto 3.
Micro-amperímetro de ± 50
[μ A] y cero central.



Foto 4.
Brújula.



Foto 5.
Imán en forma de herradura.



Foto 6.
Solenoides de 800 vueltas y
núcleo recto de acero.



Foto 7.
Bobina sin aislamiento.



Foto 8.
Anillo cerrado.



Foto 9.
Anillo abierto.



Foto 10.
Bobina con foco.



Foto 11.
Disco giratorio y plato.



Foto 12.
Solenoides de 1600 espiras.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	82/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Foto 13.
Fuente de 0-20 [V] y
0-10 [A] de cd.



Foto 14.
Cables
para conexión
(proporcionados por los
alumnos).



Foto 15.
Osciloscopio



Foto 16.
Transformador reductor
(127 [V] a 10 [V] de c.a).

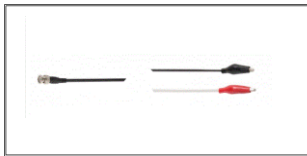


Foto 17.
Conector BNC con caimanes.

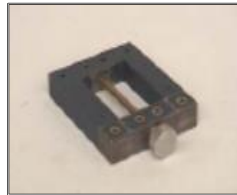


Foto 18.
Núcleo de hierro en
forma de O.




Foto 19.
Solenoides de 200 vueltas.



Foto 20.
Solenoides de 400 vueltas.



Foto 21.
Cables banana- banana y cables
caimán-banana.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	83/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1 **Fuerza electromotriz inducida a partir del movimiento**

Analiza y comenta con tu profesor los conceptos de diferencia de potencial inducida (con su polaridad), corriente inducida (con su sentido), campo magnético y flujo concatenado variables, cuando se acerca o se aleja un imán de un solenoide.

Equipo y material

- Micro-amperímetro de ± 50 $[\mu\text{A}]$ y cero central.
- Imán en forma de herradura.
- Solenoide de 3200 espiras.
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

Conecta el micro-amperímetro al solenoide

- a) Acerca el polo norte del imán al solenoide y observa lo que sucede con la corriente inducida; ahora aléjalo y repite la observación. Dibuja dos esquemas donde indiques el análisis de la experimentación.
- b) Repite la actividad del inciso anterior invirtiendo los polos del imán.
- c) Explica por qué se presenta una fuerza electromotriz (*fem*) inducida en el solenoide de los incisos anteriores.
- d) ¿Qué sucedería con la *fem* inducida, si se utiliza un solenoide de 200 vueltas?


Actividad 2 **Fuerza electromotriz inducida a partir de corrientes variables. Ley de Faraday y principio de Lenz.**

Con el equipo y material propuestos realiza distintos experimentos en los que se manifiesten los fenómenos descritos por Faraday y Lenz.

Equipo y material

- Autotransformador (Variac).
- Solenoide de 800 vueltas y núcleo recto de acero.
- Anillo abierto.
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Anillo cerrado.
- Bobina con foco.
- Multímetro

- a) Conecta el solenoide al autotransformador (variacion), coloca la bobina con foco en el núcleo del solenoide y energiza de manera gradual sin que exceda los 110 [V]. Observa y explica lo que sucede. ¿Qué nombre recibe este arreglo?
- b) Cambia la bobina con foco por el anillo cerrado, observa y explica lo que sucede.
- c) Sustituye el anillo cerrado por el abierto y observa lo que sucede. Mida la diferencia de potencial inducida en los extremos del anillo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	84/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 **Flujo magnético constante**

Conecta la fuente de cd a las terminales del solenoide haciendo circular una corriente de 2[A] en la fuente.

Equipo y material


- Solenoide de 800 vueltas y núcleo recto de acero.
 - Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd.
 - Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
 - Bobina con foco.
 - Limadura de hierro.
- a) Con ayuda de la limadura de hierro, comprueba la presencia del campo magnético (\vec{B}) y dibuja un diagrama que muestre las líneas del campo magnético producido.
 - b) Coloca la bobina con foco en el núcleo del solenoide. Observa y explica lo que sucede.
 - c) ¿El solenoide energizado puede transferir energía a la bobina con foco? Justifica tu respuesta
 - d) Elabora el diagrama de conexiones.

Actividad 4 **Transformador elevador**

Con el material y equipo proporcionado, construye un transformador elevador.

Equipo y material

- Osciloscopio.
 - Conector BNC con caimanos.
 - Transformador reductor.
 - Núcleo de hierro en forma de O.
 - Solenoide de 400 vueltas.
 - Solenoide de 200 vueltas.
- a) Dibuja el diagrama eléctrico de las conexiones del transformador elevador construido.
 - b) Dibuja las gráficas de las señales de entrada y salida del transformador observadas en el osciloscopio, con las acotaciones correspondientes, registrando las características de dichas gráficas: amplitud (V_{pico}) y frecuencia (f).
 - c) Determina el valor eficaz (V_{rms}) de ambas señales.
 - d) Determina la relación de transformación correspondiente.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	85/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria.

7. Anexos

Cuestionario previo.


1. Describe brevemente el fenómeno de inducción electromagnética.
2. Define el concepto de flujo magnético.
3. ¿Qué entiendes por un flujo magnético concatenado por una espira?
4. Enuncia la ley de Faraday y el principio de Lenz.
5. Investiga en qué consiste el fenómeno de las corrientes parásitas (o remolino).
6. Describe el principio de operación de un transformador eléctrico monofásico.
7. Investiga cómo se determina la relación de transformación de un transformador.
8. Investiga algunas aplicaciones de los transformadores eléctricos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	86/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 12

Inductancia



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	87/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	
3	Retirar el núcleo del solenoide energizado.	

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos General

- Comprender el concepto de inductancia y deducir experimentalmente de qué parámetros depende, tales como: número de vueltas, permeabilidad magnética del núcleo y su sección transversal.
- Determinar el inductor equivalente para una conexión en serie.


II. Objetivos específicos

- Definir y comprender el concepto de inductancia.
- Medir el valor de la inductancia y el efecto resistivo en un inductor real.
- Comprobar el comportamiento inductivo y resistivo de un solenoide largo.
- Cuantificar el efecto en el valor de inductancia de un solenoide cuando se emplean núcleos de materiales diversos: paramagnéticos, diamagnéticos y ferromagnéticos.
- Definir y comprender lo que es una conexión en serie y una conexión en paralelo de inductores, así como la relación con la inductancia mutua en la conexión en serie.

3. Introducción

Una corriente eléctrica genera un campo magnético y asociado a este último tenemos presente un flujo magnético. La cantidad de flujo magnético en cada unidad de corriente se conoce como inductancia. Al dispositivo que presenta esta característica se le conoce como inductor el cual, al igual que el capacitor, puede almacenar energía; sin embargo, el primero lo hace a partir de un campo magnético, a diferencia del capacitor que lo hace a partir de un campo eléctrico.

Vale la pena resaltar que, con base en la ley de inducción de Faraday, en un inductor la diferencia de potencial en sus terminales es proporcional a la variación de corriente eléctrica respecto al

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	88/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

tiempo que circula en él. Esto permite que este dispositivo sea muy utilizado en diversas aplicaciones; entre muchas otras podemos citar: en las bujías de un automóvil de combustión interna, a partir de la diferencia de potencial de la batería (12 V) se puede alcanzar un valor de miles de volts para lograr la ignición de la mezcla aire-combustible; en circuitos electrónicos con una combinación de capacitores e inductores se pueden seleccionar cierto tipo de señales (filtros electrónicos); también los inductores son dispositivos que permiten mantener encendidas las lámparas de luz fluorescentes, entre otras aplicaciones.

4. Equipo y material



Foto 1.
Multímetro digital
con cables.



Foto 2.
Medidor LCR.



Foto 3.
Fuente de diferencia de
potencial continua.



Foto 4.
Autotransformador
(Variac).



Foto 5
Solenoide de 800 vueltas.




Foto 6
Bobina con foco



Foto 6.
Juego de bobinas



Foto 7.
Núcleo

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	89/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Nota 1. Para las mediciones de inductancia verifica que el medidor LCR (puente de impedancias) se encuentra en modo SER y frecuencia de 1 [kHz] oprimiendo la tecla superior derecha del instrumento.

Actividad 1 Identificación del efecto inductivo.

Equipo y material

- Multímetro digital con cables.
- Medidor LCR
- Fuente de diferencia de potencial continua.
- Solenoide de 800 vueltas
- Autotransformador (Variac).

- a) Con ayuda del medidor LCR determina el valor de la autoinductancia (L) y con el multímetro mide la resistencia interna (R) del solenoide largo de N espiras, con núcleo de acero.

$$L = \text{_____} [\text{H}] \qquad R = \text{_____} [\Omega]$$

- b) Arma el dispositivo experimental de la figura 12.1 con el interruptor I abierto. Cierra el interruptor y aumenta la diferencia de potencial de la fuente $v(t)$ poco a poco hasta alcanzar $V_{\text{rms}} = 30 [\text{V}]$ indicado en la perilla del autotransformador (variacion), observa lo que ocurre en el foco; con ayuda del multímetro, mide la diferencia de potencial V_{xy} (valor rms o eficaz) en las terminales de la bobina con foco.

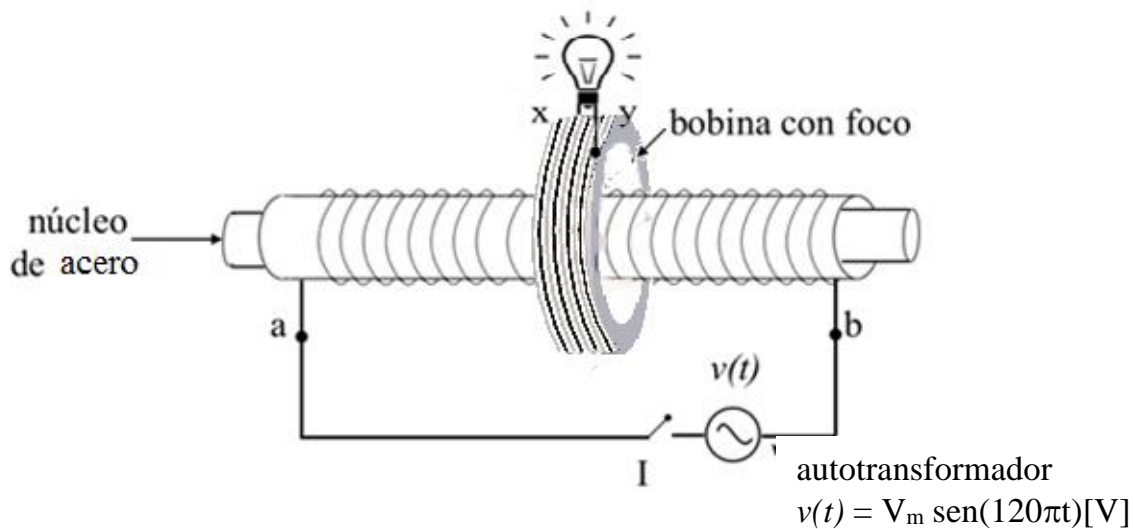



Figura 12.1. Esquema de conexión.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	90/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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

- c) Con el mismo dispositivo experimental del inciso anterior, sustituye la fuente de fem alterna y en su lugar coloca la fuente de diferencia de potencial continua, con un valor de 10 [V] y mide la corriente (i) en el circuito; como se muestra en la figura 12.2.

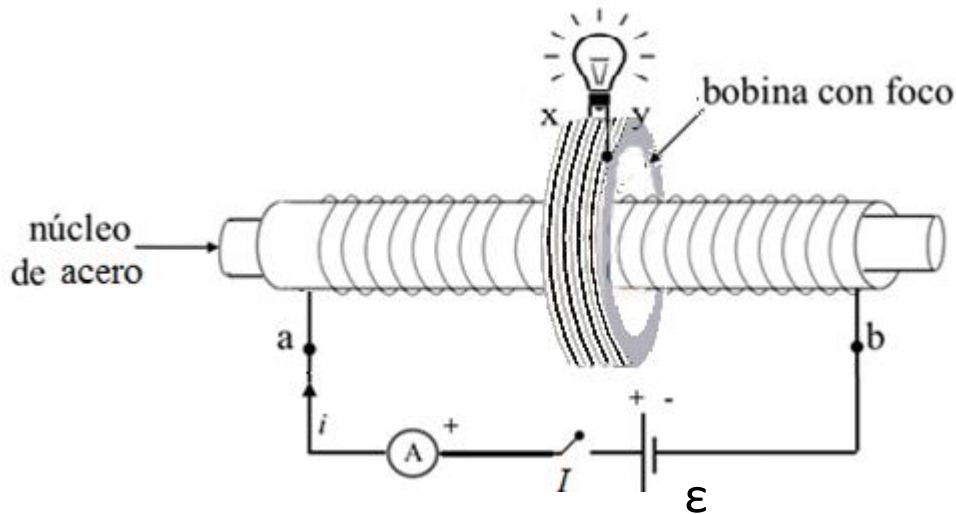


Figura 12.2. Esquema de conexión.

Cierra el interruptor I y observa lo que ocurre en la bobina con foco, mide la diferencia de potencial (V_{xy}). Con la medición de la corriente (i) y la diferencia de potencial aplicada por la fuente, determina la resistencia (R) del solenoide largo.

Nota 2. No energizar por más de dos minutos al solenoide con la fuente, para evitar daños por efecto Joule.


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

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

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

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

En este circuito: ¿Hay efecto inductivo? ¿Se produce campo magnético en el solenoide? ¿Por qué?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	91/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2 Influencia de la permeabilidad magnética (μ) del material del núcleo, en el valor de la autoinductancia (L).

Equipo y material

- Medidor LCR
 - Solenoide de 800 vueltas con núcleos
- a) En el solenoide largo utilizado en la actividad 1 retira el núcleo ferromagnético estando apagado el circuito y, con aire en el núcleo, mide la autoinductancia (L_{aire}) Registra la medición en la tabla 12.1. Considere que el aire es un material paramagnético.
 - b) Ahora introduce en el núcleo del solenoide la barra cilíndrica de cobre; registra la medición de la autoinductancia (L_{cobre}). El cobre es un material denominado diamagnético.
 - c) Finalmente, sustituye el núcleo de cobre e introduce la barra cilíndrica de acero en el solenoide y registra la medición (L_{acero}). El acero es un material de tipo ferromagnético.

Para determinar un valor, aunque aproximado, de la permeabilidad magnética de los materiales utilizados, supongamos que los parámetros geométricos y de construcción son los mismos para los núcleos empleados; es decir que el factor $\left[\frac{N^2 A}{l} \right]$ es el mismo para los núcleos que se utilizan.

Con base en lo anterior:

$$L_{\text{aire}} = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \quad \text{y} \quad L_{\text{cobre}} = \frac{\mu_{\text{cobre}} N^2 A}{l} \quad \text{se puede obtener} \quad \frac{L_{\text{aire}}}{\mu_0} = \frac{L_{\text{cobre}}}{\mu_{\text{cobre}}} \quad \text{y concluir que}$$

$$\mu_{\text{cobre}} = \mu_0 \frac{L_{\text{cobre}}}{L_{\text{aire}}} \quad \text{y en forma análoga} \quad \mu_{\text{acero}} = \mu_0 \frac{L_{\text{acero}}}{L_{\text{aire}}} .$$


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	92/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 12.1

Material del núcleo	inductancia propia [H]	permeabilidad magnética $\mu \left[\frac{Wb}{A \cdot m} \right]$	permeabilidad magnética relativa $k_m = \frac{\mu}{\mu_0}$
aire			
cobre			
acero			

Con base en los resultados de la tabla, ¿se verifica la clasificación magnética de los materiales empleados? Justifica la respuesta

Actividad 3 Efecto del número de vueltas de un embobinado en el valor de su autoinductancia.

Equipo y material


- Medidor LCR
- Juego de bobinas.

a) Con ayuda del medidor LCR determina el valor de la autoinductancia con núcleo ferromagnético y, con el multímetro, el de la resistencia interna de cada embobinado, para cada valor de N (número de vueltas). Registra tus mediciones en la tabla 12.2.

Tabla 12.2

Embobinado	número de vueltas (N)	autoinductancia [H]	resistencia interna [Ω]
L ₁	200		
L ₂	400		
L ₃	800		
L ₄	1600		
L ₅	3200		

¿Qué concluyes respecto a la relación del número de vueltas con los efectos inductivo y resistivo? Justifica tu respuesta.

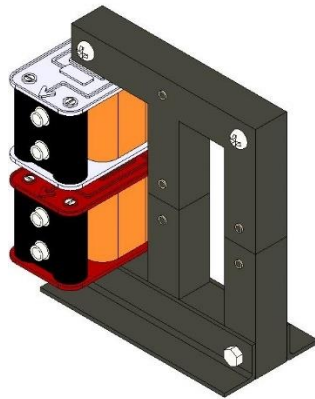
	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	93/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4 **Conexión de inductores.**

Equipo y material

- Medidor LCR
- Juego de bobinas.
- Núcleo

- a) Conecta los inductores L_4 y L_5 de la actividad anterior en el núcleo ferromagnético cerrado y en serie, de manera que los flujos magnéticos de ambos vayan en el mismo sentido (observa que cada bobina indica el sentido del enrollado) y mide la autoinductancia equivalente con el medidor LCR.



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

- b) A continuación, coloca dichos inductores, manteniéndolos en el núcleo ferromagnético cerrado, de manera que los flujos magnéticos vayan en sentidos opuestos. Mide la autoinductancia equivalente nuevamente.

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


- c) A partir de las mediciones anteriores y con ayuda de las expresiones para la autoinductancia (L) equivalente, determina la inductancia mutua (M) para la conexión de esta actividad.

$$M = \text{_____} \text{ [H]}$$

- d) Después, manteniéndolos conectados en serie y cada uno en un núcleo ferromagnético, aléjalos entre sí lo más que se pueda. Mide la autoinductancia equivalente del arreglo.

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

¿Qué concluyes con respecto a cada uno de los tres arreglos?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	94/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Bibliografía

- ❖ Morales J., Alejandro G., & Alvarado C. Alejandro A. (2008). Electricidad y Magnetismo. Reimpresión. *Trillas*.
- ❖ Raymond S., Jewett, & J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Cengage Learning.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, & Roger A. Sears y Z. (2013). *Física universitaria con física moderna* (Vol. 2). Pearson.
- ❖ Tipler, & P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverte.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. (2011). *Física* (Vol. 2). Patria

7. Anexos


Cuestionario previo.

1. Explica los conceptos de inductancia propia y mutua, así como sus unidades en el SI.
2. Escribe la ley de Faraday en términos de la variación de flujo magnético y de la variación de corriente eléctrica.
3. Deduce la expresión que permite calcular la inductancia propia de un solenoide largo.
4. Escribe la expresión matemática para calcular el inductor equivalente de dos inductores (L_1 y L_2) conectados en serie:
 - a) cuando están muy alejados entre sí,
 - b) cuando están cercanos y sus flujos magnéticos se superponen constructivamente,
 - c) cuando están cercanos, pero sus flujos magnéticos se superponen destructivamente.
5. Escribe la expresión para calcular el inductor equivalente de dos inductores (L_1 y L_2), alejados entre sí, conectados en paralelo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	95/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Apéndice

En el presente apartado se muestra parte del equipo de instrumentación con que cuenta el Laboratorio de Electricidad y Magnetismo. Su uso dependerá de la disponibilidad y planeación del curso, por lo que puede haber variación en los modelos presentados en el apartado "Equipo y material" mostrado en cada una de las prácticas.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	96/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Fuentes de alimentación DC

Marca y modelo Rango

BK PRECISION 0 – 35 VDC
1744A 0 – 10 A



LAMBDA LK 340A 0 – 20 VDC
FM 0 – 5 A




LAMBDA LQ-531 0 – 20 VDC
 0 – 8.6 A



BK PRECISION 9110 0 – 60 VDC
 0 – 5 A



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	97/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Multímetros

Fluke 87




Fluke 117



Fluke 175



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	98/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Osciloscopios

GW GOS-622G


Osciloscopio Analógico de Banco de 20 MHz, 2 Canales



HAMEG HM203-6

Osciloscopio Analógico de Banco de 20 MHz, 2 Canales



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	99/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

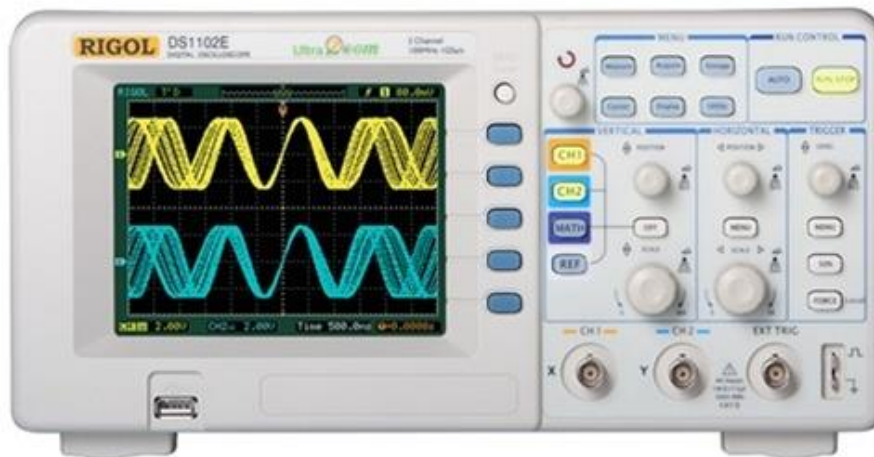
BK PRECISION 2120


Osciloscopio Analógico de Banco de 20 MHz, 2 Canales



RIGOL DS1052E

osciloscopio digital de 50 Mhz, 2 Canales analógicos



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	100/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Medidores digitales LCR (Puente de Impedancia)

EXTECH 380193



Recomendaciones

- Seleccionar con el botón 2, la opción a medir, L, C, o R. En esquina inferior derecha de la pantalla se observan las unidades.
- Verificar que este seleccionada la el modo SER, oprimiendo la tecla superior derecha del instrumento.
- La frecuencia deberá ser de 1kHz


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	101/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

BK PRECISION 875B



Recomendaciones

- Encienda el instrumento colocando el interruptor LCR.
- Seleccione con la perilla el rango a medir, si se desconoce ponerlo en la escala menor.
- Conecte los cables banana – caimán en los bornes, sin colocar el dispositivo
- Con la perilla "0 Adj", ajuste a cero la pantalla
- Coloque el dispositivo a medir

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	Código:	MADO-15
		Versión:	06
		Página	102/102
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de agosto de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Medidores de campo magnético

**Teslámetro
RLF Modelo 904T**



**Gaussmetro
FW Bell
5170**



Solo para uso del profesor