
	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	1/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Juan Carlos Cedeño Vázquez M.I. Rigel Gámez Leal Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales M.I. Mayverena Jurado Pineda M.I. Adriana Yoloxóchil Jiménez Rodríguez Q. Antonia del Carmen Pérez León	M.I. Juan Carlos Cedeño Vázquez M.I. Rigel Gámez Leal Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales M.I. Mayverena Jurado Pineda M.I. Adriana Yoloxóchil Jiménez Rodríguez Q. Antonia del Carmen Pérez León	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	27 de agosto de 2021

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	2/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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.....	11
Práctica 3. Instrumentación: multímetro digital y osciloscopio de doble trazo.....	20
Práctica 4. Potencial y diferencia de potencial eléctricos.....	28
Práctica 5. Constantes dieléctricas y capacitancia.....	36
Práctica 6. Conexiones con capacitores.....	45
Práctica 7. Corriente y resistencia eléctricas.....	53
Práctica 8. Leyes de Kirchhoff.....	62
Práctica 9. Fundamentos del magnetismo.....	70
Práctica 10. Fuerza de origen magnético sobre conductores.....	79
Práctica 11. Inducción electromagnética.....	89
Práctica 12. Inductancia.....	98

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	3/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	4/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. 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.

2. 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 que 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, presentado ventajas como amigable con el medio ambiente, bajo costo, transporte relativamente fácil y una amplia gama de conversión a otros tipos de energía.

3. Herramienta digital

[Generador Van de Graaff](#)

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	5/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Equipo y material en el laboratorio



Foto 1.
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 paño 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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	6/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Equipo y material en el trabajo a distancia

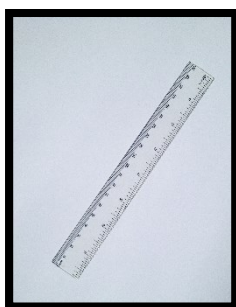


Foto 1.
Regla de plástico



Foto 2.
Madera sin barniz



Foto 3.
Tubo de PVC



Foto 4.
Tira de polietileno



Foto 5.
Tela de franela



Foto 6.
Tela de seda



Foto 7.
Tela de lana



Foto 8.
Tela de algodón



Foto 9.
Encendedor.



Foto 10.
Vaso de vidrio

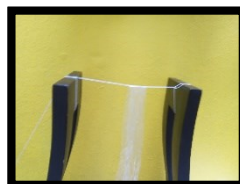



Foto 11.
Soporte del
Electroscopio casero

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	7/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Desarrollo

Actividad I Carga eléctrica y convención de Benjamín Franklin

Con el material conseguido, construye un electroscopio simple, dibújalo en el recuadro 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.


Material y equipo sugerido

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a. Soportes con hilo (tendedero) b. Tira de polietileno, piel de conejo, paño de franela y paño de seda. | <ul style="list-style-type: none"> c. Barras de vidrio, ebonita, acrílico y policloruro de vinilo. |
|---|---|

En la siguiente tabla, anota el signo del tipo de carga adquirida por cada barra, después de utilizar el método por frotamiento.

Frotador	Barra de:			

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	8/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 y de descarga**

Utilizando el simulador propuesto, experimenta otras formas para cargar un cuerpo eléctricamente (contacto e inducción). Y los procedimientos para descargar un cuerpo (conexión a tierra, ionización del aire: efecto de punta y viento eléctrico).

Generador Van de Graaff

En el siguiente espacio explica cada uno de los experimentos mediante ilustraciones e incluye el tipo de carga obtenido.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	9/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 **Generador de Van de Graaff**


Observa y analiza el principio de operación del generador de Van de Graaff en el [vídeo P1A3](#).
Identifica y clasifica los materiales conductores y dieléctricos empleados en su construcción.

Material y equipo

- a. Generador de Van de Graaff.

En el siguiente espacio describe en un esquema el principio de operación del generador de Van de Graaff, quita el casco e identifica cada una de sus partes indicando si son materiales conductores o dieléctricos.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	10/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Referencias

- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2. (7a edición.)* México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2. (13a edición)* México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2. (6a edición.)* España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ Vascak V. (julio de 2020) Van de Graaff Generator Recuperado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_vandegraff&


8. Anexos

Cuestionario previo.

1. Investiga el concepto de carga eléctrica.
2. Enuncia la convención de Benjamín Franklin.
3. ¿Qué es la serie triboeléctrica y cómo se utiliza?
4. Investiga los métodos 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.

Material proporcionado por el alumno


- Regla de plástico o pluma de plástico.
- Vaso de vidrio.
- Trozo de madera delgado (sin barniz).
- Tubo PVC.
- Pedazo de tela algodón, lana, seda y franela.
- Tira de polietileno.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	11/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	12/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. 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.
- Observar el comportamiento del campo eléctrico nulo en el interior de cuerpos metálicos cerrados.
- Medir indirectamente la carga eléctrica empleando el electrómetro.
- Deducir algunas propiedades de las líneas de campo eléctrico.


2. 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.

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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	13/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Herramienta digital

[Generador Van de Graaff](#)

[Vídeo P2A1](#)

[Vídeo P2A2](#)

[Vídeo P2A3](#)

[Vídeo P2A4](#)

4. Equipo y material en el laboratorio



Foto 1. Base y soportes de acrílico.

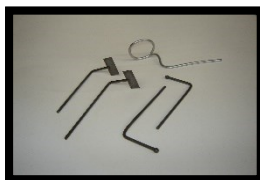


Foto 2. Juego de electrodos metálicos.



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 y varilla de aluminio.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	14/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Foto 9.
Cilindro metálico.



Foto 10. Esfera de
unicel
con hilo.



Foto 11.
Cilindro
de cobre.



Foto 12.
Electrómetro.ma



Foto 13.
Punta atenuadora.

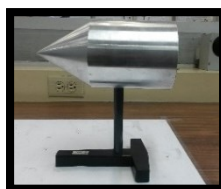



Foto 14.
Cilindro metálico con
terminación en forma de
cono.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	15/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 simulador propuesto comprueba que la carga eléctrica se distribuye uniformemente en el casco del generador de Van de Graaff.

Generador Van de Graaff

Adicionalmente verifique cómo se distribuye la carga en el cilindro metálico con terminación en forma de cono, por medio del vídeo del siguiente enlace:


Observa el [vídeo P2A1](#)

Material y equipo

- | | |
|----------------------------------|--|
| a. Generador de Van de Graaff. | d. Cilindro metálico con terminación en forma de cono. |
| b. Dos cables para alto voltaje. | |
| c. Cilindro metálico. | |

En el siguiente espacio realiza un esquema que indique la forma de la distribución de carga para cada caso.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	16/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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

Observa el [vídeo P2A2](#).


Comprueba el tipo de carga existente en el generador de Van de Graaff, así como el potencial eléctrico que produce.

Material y equipo

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

En el siguiente espacio escribe mediante un diagrama tus observaciones y resultados.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	17/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 unigel, previamente cargada por contacto con el generador de Van de Graaff, mostrada en el [vídeo P2A3](#).

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

$$V = \frac{Q}{C}$$

Donde: $Q=C \cdot V$

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


V: diferencia de potencial leída en el electrómetro, en volts.

Material y equipo

- a. Generador de Van de Graaff.
- b. Electrómetro y cable BNC con caimanes.
- c. Esfera de unigel con hilo.

En el siguiente espacio anota tus resultados.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	18/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4. Campo eléctrico y líneas de fuerza

Observa el [vídeo P2A4](#)

Visualiza y demuestra las propiedades de las líneas de fuerza de campo eléctrico en los casos siguientes:

- a) Una carga puntual.
- b) Dos cargas puntuales de diferente signo.
- c) Dos superficies planas.
- d) Un anillo abierto.
- e) Un cilindro.


Con el simulador propuesto [Generador Van de Graaff](#) podrás visualizar los incisos a, b, c y e.

Material y equipo

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> a. Base y soportes de acrílico. b. Recipiente de vidrio con aceite y semillas de pasto. c. Cilindro de cobre. | <ol style="list-style-type: none"> d. Generador de Van de Graaff. e. Dos cables para alto voltaje. f. Fuente de luz. g. Juego de electrodos metálicos. |
|---|--|

En el siguiente espacio dibuja la representación esquemática para cada caso.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	19/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Referencias

- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2. (7a edición.)* México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2. (13a edición)* México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2. (6a edición.)* España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ Vascak V. (julio de 2020) Van de Graaff Generator Recuperado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_vandegraff&
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P2A1 Recuperado de <https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-2-actividad-1.html>
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P2A2 Recuperado de <https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-2-actividad-2.html>
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P2A3 Recuperado de <https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-2-actividad-3.html>
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P1A4 Recuperado de <https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-2-actividad-4.html>

7. Anexos

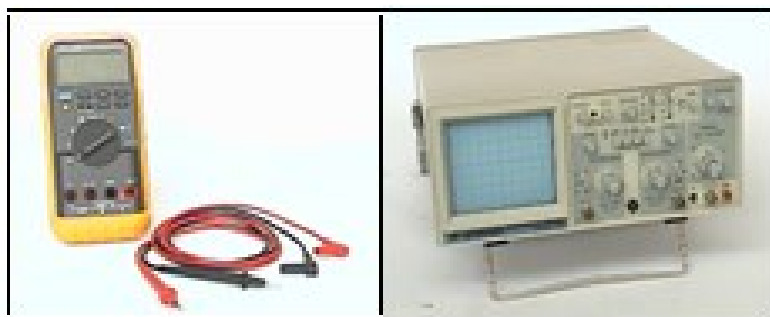
Cuestionario previo.


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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	20/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	21/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo General:

El alumno conocerá dos instrumentos de medición empleados en el laboratorio y 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.


2. Introducción

En general, el valor numérico obtenido en una medición no corresponde al valor real de la magnitud que se mide, sin embargo, por ello en la 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. 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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	22/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- 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.

3. Herramientas digitales

[Laboratorio virtual de circuitos](#)
[Osciloscopio virtual](#)
[Vídeo P3A4](#)

4. Equipo y material en el laboratorio



Foto 1. Multímetro digital.



Foto 2. Osciloscopio.



Foto 3. Transformador reductor.



Foto 4. Pila eléctrica

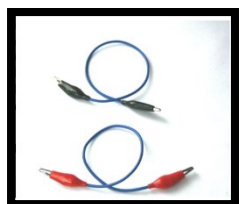


Foto 5. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

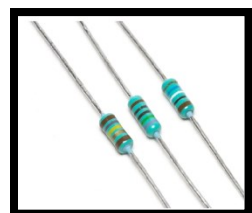



Foto 6. Resistencias eléctricas de diferentes valores (proporcionadas por los alumnos).



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



Foto 8. Conector BNC con caimanes.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	23/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad I Voltímetro digital (medición de la diferencia de potencial o voltaje)

Comenta con el grupo las precauciones, cuidados necesarios y la forma correcta para el uso del multímetro en la medición de voltaje o diferencia de potencial.

Con el empleo del simulador, realiza las mediciones de las diferencias de potencial eléctricas en las terminales de la pila eléctrica.


Laboratorio virtual de circuitos

Material y equipo

- a. Multímetro digital con cables.
- b. Transformador reductor.
- c. Pila eléctrica.

En el siguiente espacio anota tus resultados y con la ayuda de tu profesor traza el diagrama eléctrico.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	24/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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

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

Con el empleo del simulador realiza las mediciones de las corrientes eléctricas sugeridas por el profesor.


Laboratorio virtual de circuitos

Material y equipo

- a. Multímetro digital con cables.
- b. Fuente de poder con 6[V] de diferencia de potencial.
- c. Resistencias eléctricas de diferentes valores (proporcionadas por los alumnos).
- d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

En el siguiente espacio dibuja los circuitos y anota tus resultados en cada uno de ellos.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	25/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 Señal de alterna

Con el empleo del simulador, realiza las mediciones sugeridas por el profesor de acuerdo con la actividad que él te indique. Realiza la medición del periodo de esta señal y con base en este valor determina su frecuencia. De igual manera, mide su amplitud y con base en ésta obten el valor eficaz.


Osciloscopio virtual

Material y equipo

- a. Osciloscopio de doble trazo.
- b. Pila eléctrica.
- c. Transformador reductor.
- d. Conector BNC con caimanes.

En el siguiente espacio dibuja las señales observadas en el simulador incluyendo las mediciones correspondientes.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	26/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4 **Multímetro**

Observa el [vídeo P3A4](#)


Determine las características del instrumento de medición, así como las consideraciones que se deben de tomar al realizar las mediciones.

Material y equipo

- a. Multímetro digital

Dibuje la conexión del multímetro para medir diferencia de potencial, corriente y resistencia

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	27/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Referencias

- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2. (7a edición.)* México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2. (13a edición)* México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2. (6a edición.)* España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ University of Colorado Boulder (2020) Kit de construcción de circuitos (CA y CC) Recuperado de <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac>
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P3A4 Recuperado de https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-3-actividad-4_11.html

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. Explique 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, y define para el voltaje alterno sinusoidal, los conceptos de amplitud, periodo, frecuencia, valor pico y valor eficaz (rms).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	28/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	29/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. 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.


2. 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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	30/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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.

3. Herramientas digitales

[Generador Van de Graaff](#)

[Potencial eléctrico 1](#)

[Potencial eléctrico 2](#)

4. Equipo y material en el laboratorio



Foto 1.
Generador de
Van de Graaff.



Foto2.
Esfera de descarga.



Foto 3.
Multímetro digital.



Foto 4.
Fuente de poder.

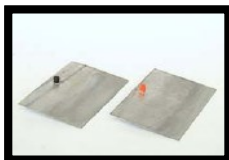


Foto 5.
Juego de placas
metálicas.



Foto 6.
Juego de
cilindros metálicos.

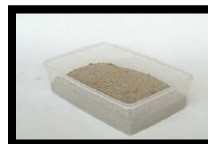


Foto 7.
Recipiente con
arena húmeda.



Foto 8.
Regla graduada de plástico.



	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	31/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Foto 9.
Dos cables para
diferencias
de potencial elevadas.



Foto 10.
Pelillos de conejo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	32/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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. Utiliza el generador de Van de Graaff del simulador como fuente generadora de campo eléctrico y la esfera de descarga como referencia potencial nulo (tierra).

Generador Van de Graaff


Observa en el [vídeo P4A1](#) como un pelillo de conejo se comporta como una carga dentro de un campo eléctrico.

Material y equipo

- a. Generador de Van de Graaff.
- b. Esfera de descarga.
- c. Pelillos de conejo.

En el siguiente espacio anota tus resultados y realiza un diagrama de conexiones que represente el experimento (no olvides los signos de las cargas).

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	33/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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**

Con el empleo del simulador, localiza las superficies equipotenciales para una carga puntual positiva, dos placas metálicas paralelas y un cilindro metálico


Potencial eléctrico 1

Material y equipo

- a. Multímetro digital con cables.
- b. Caja plástica con arena húmeda.
- c. Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd.
- d. Dos placas metálicas planas.

En el siguiente espacio anota tus resultados en un esquema donde muestres la forma de las superficies equipotenciales localizadas.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	34/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 el empleo del simulador, y considerando una carga puntual positiva, observa la variación del potencial eléctrico en sentido de las líneas de campo eléctrico. Pon atención cuando se presenta la máxima variación. Cambia el signo de la carga y analiza lo que sucede.

Para la carga positiva:

1. Toma al menos 6 lecturas de potencial eléctrico a diferentes distancias y regístralas en una tabla.
2. Obtén el modelo gráfico de potencial eléctrico en función de la distancia a la referencia.
3. Obtén el modelo matemático lineal de la gráfica anterior.


Potencial eléctrico 2

Material y equipo

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

En el siguiente espacio anota tus resultados.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	35/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Referencias

- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2. (7a edición.)* México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2. (13a edición)* México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2. (6a edición.)* España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ Vascak V. (julio de 2020) Van de Graaff Generator Recuperado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_vandegraff&
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (julio 2020) P4A1. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=u82K3PTXW-c>
- ❖ Falstad P . (julio de 2020) Electrostatic Simulation. Recuperado de <http://www.falstad.com/emstatic/index.html>
- ❖ University of Colorado Boulder (2020) Cargas y campos 1.0.47. Recuperado de https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_es.html
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P4A1 Recuperado de <https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-4-actividad-1.html>

7. Anexos

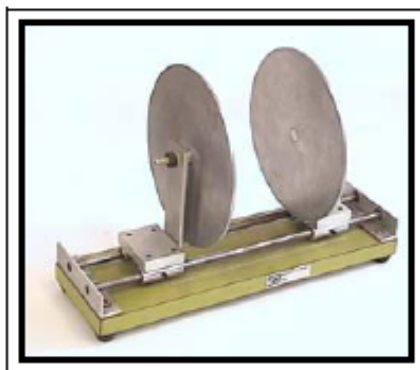
Cuestionario previo.


1. Escribe la expresión para calcular el potencial eléctrico en un punto, explique su significado y anote sus unidades en el SI.
2. Escribe la expresión para calcular la diferencia de potencial entre cualesquiera dos puntos en un campo eléctrico, explique su significado y anote 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 explique su significado.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	36/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	37/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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.

2. 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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	38/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Herramientas digitales

[Laboratorio virtual capacitores](#)

[Dieléctrico del capacitor](#)

[Arco de ruptura](#)

4. Equipo y material en el laboratorio



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



Foto 2.
Puente de
impedancias.



Foto 3.
Multímetro digital
con cables.



Foto 4.
Calibrador con vernier.

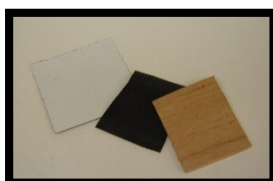


Foto 5.
Muestras de cartón,
hule y madera.

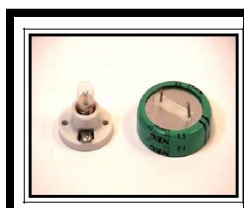


Foto 6.
Foco de 6.3 [V] y
capacitor de 1[F].

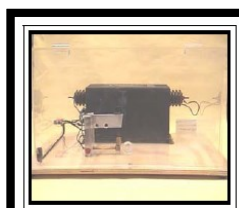


Foto 7.
Caja para prueba de
rigidez dieléctrica.



Foto 8.
Autotransformador
(Variac).


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	39/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Foto 9.
Capacitor de placas
planas y paralelas.

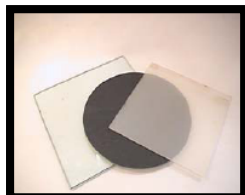


Foto 10.
Muestras de vidrio, hule
y acrílico.

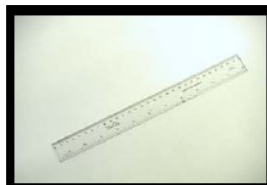



Foto 11.
Regla graduada de
plástico.



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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	40/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 simulador propuesto, y con el capacitor desconectado a la fuente determine:


- La capacitancia (C) en función de la distancia de separación entre las placas (d). Se sugiere utilizar el intervalo $2 \text{ [mm]} \leq d \leq 10 \text{ [mm]}$, variando cada 2 [mm] y registrando la capacitancia correspondiente. Dibuja el modelo gráfico del comportamiento de “C” en función al inverso de “d” ($C=f(1/d)$).
- La capacitancia (C) en función a el área común entre las placas (A). Se sugiere utilizar el intervalo $100 \text{ [mm}^2] \leq A \leq 400 \text{ [mm}^2]$, variando cada 50 [mm²] y registrando la capacitancia correspondiente. Dibuja el modelo gráfico del comportamiento de “C” en función de “A” ($C=f(A)$).

[Laboratorio virtual capacitores](#)

Material y equipo

- Puente de impedancias.
- Capacitor de placas planas y paralelas.
- Regla de plástico graduada.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	41/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 simulador propuesto y con la fuente de alimentación desactivada, registre el valor de la capacitancia considerando el vidrio, poliestireno, mica y papel como dieléctricos, manteniendo la distancia y área constantes.

Dieléctrico del capacitor

Elabora una tabla donde se muestre determina el valor de la permitividad relativa (k_e), de la permitividad (ϵ) y de la susceptibilidad (X_e) para cada dieléctrico.


Material y equipo

- | | |
|---|--|
| a. Puente de impedancias. | c. Muestras de vidrio, hule o neopreno, madera, acrílico y cartón o papel. |
| b. Capacitor variable de placas planas paralelas. | d. Calibrador con vernier. |

En el siguiente espacio anota tus resultados

Dieléctrico	C [F]	k_e [1]	$\epsilon \left[\frac{C^2}{N m^2} \right]$	X_e [1]
Vidrio				
Poliestireno				
Mica				
Papel				
Aire				

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	42/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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**

Comenta con tu profesor el fenómeno mostrado en la siguiente simulación:

[Dieléctrico del capacitor](#)


Además, observa el [vídeo P5A3](#), analiza el comportamiento del campo eléctrico de ruptura para diferentes materiales.

Material y equipo

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

En el siguiente espacio anota lo solicitado por el profesor.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	43/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 la energía

Con el empleo del simulador en su modalidad “Light bulb”, establezca los parámetros del capacitor que nos permitan obtener la máxima capacitancia. Conecte el capacitor a las terminales de la batería con una diferencia de potencial de 1.5 V, una vez cargado por completo, cambie el interruptor y conecte el foco. Observe lo que sucede.

Repita el experimento variando los valores para el capacitor de tal manera que le permitan obtener la mínima capacitancia. Compare los resultados obtenidos.

Determine la energía proporcionada por el capacitor al foco a partir del principio de conservación de la energía para cada caso.


Laboratorio virtual capacitores

Material y equipo

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

En el siguiente espacio anota tus resultados.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	44/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Referencias

- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2. (7a edición.)* México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2. (13a edición)* México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2. (6a edición.)* España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ Vascak V. (julio de 2020) Protección contra rayos. Recuperado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elplyn_bleskojistka&l=es
- ❖ Vascak V. (julio de 2020) Condensador. Recuperado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_kondenzator&l=es
- ❖ University of Colorado Boulder (2020) Capacitor Lab: Basics. Recuperado de https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_en.html
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P5A3 Recuperado de <https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-5-actividad-3.html>

7. Anexos

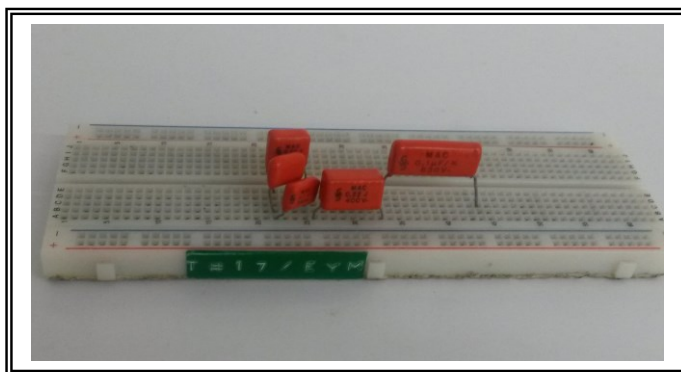
Cuestionario previo.


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. Investigue 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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	45/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	46/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. 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.

2. 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.

3. Herramienta digital

[Laboratorio virtual conexión capacitores](#)

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	47/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Equipo y material en el laboratorio



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



Foto 2.
Puente de
impedancias.



Foto 3.
Capacitores
electrolíticos.

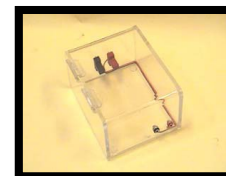


Foto 4.
Caja para prueba
destructiva.

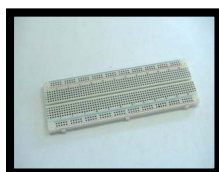


Foto 5.
Tableta de proyectos
(proporcionada por
los alumnos).



Foto 6.
Capacitores de
poliéster.

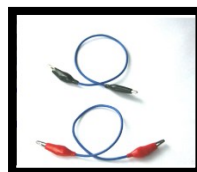



Foto 7.
Cables para conexión
(proporcionados por
los alumnos).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	48/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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

En el simulador propuesto, seleccione la pestaña “varios capacitores”, en la sección circuitos elija la opción “tres en serie”. Establezca para cada capacitor un valor diferente de capacitancia y fije la diferencia de potencial de la batería en 1.5 V. Calcule el capacitor equivalente (C_{eq}) de la conexión, asimismo calcule la carga del capacitor equivalente (Q_{eq}) y compare con lo mostrado en el simulador. Compruebe con el empleo del voltímetro que la suma de las diferencias de potencial en cada capacitor será igual al proporcionado por la batería.


[Laboratorio virtual conexión capacitores](#)

Material y equipo

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a. Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd. b. Puente de impedancias. c. Capacitores de poliéster. | <ul style="list-style-type: none"> d. Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos). e. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |
|---|---|

En el siguiente espacio dibuja el circuito y anota tus resultados.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	49/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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**

En el simulador propuesto, seleccione la pestaña “varios capacitores”, en la sección circuitos elija la opción “3 en paralelo”. Establezca los valores de las capacitancias y de la fuente empleados en la actividad 1. Calcule el capacitor equivalente (C_{eq}) de la conexión, asimismo calcula la carga del capacitor equivalente (Q_{eq}) y compare con lo mostrado en el simulador. Calcule la carga en cada uno de los capacitores y compruebe que la suma es igual a la carga del capacitor equivalente.


Laboratorio virtual conexión capacitores

Material y equipo

- | | |
|--|--|
| a. Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd. | d. Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos). |
| b. Puente de impedancias. | e. Cables para conexión |
| c. Capacitores de poliéster. | (proporcionados por los alumnos). |

En el siguiente espacio dibuja el circuito y anota tus resultados.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	50/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 **Conexión mixta de capacitores**

Con los mismos tres capacitores empleados, realiza una conexión mixta, seleccionando la opción “2 en serie + 1 en paralelo”. Considere la diferencia de potencial de la fuente de 1.5 V. Calcula el capacitor equivalente (C_{eq}) de la conexión, asimismo calcula la carga del capacitor equivalente (Q_{eq}) y compare con lo mostrado en el simulador.


Laboratorio virtual conexión capacitores

Material y equipo

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a. Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd. b. Puente de impedancias. c. Capacitores de poliéster (proporcionados por los alumnos). | <ul style="list-style-type: none"> d. Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos). e. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |
|--|---|

En el siguiente espacio dibuja el circuito y anota tus resultados

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	51/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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


Observe el [vídeo P6A4](#), comente con su profesor lo que sucede y las causas.

Material y equipo

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a. Capacitores electrolíticos . b. Caja para prueba destructiva. c. Fuente de 60 [V] y 0- 5.1 [A] de cd. | <ul style="list-style-type: none"> d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |
|--|---|

En el siguiente espacio anota si el capacitor sufrió algún daño y si así fue registra, para qué valor de diferencia de potencial ocurrió; compara este valor con la diferencia de potencial nominal. Anota tus observaciones.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	52/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Referencias

- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2. (7a edición.)* México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2. (13a edición)* México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2. (6a edición.)* España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ University of Colorado Boulder (2020) Capacitor Lab: Basics. Recuperado de <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/capacitor-lab/latest/capacitor-lab.html?simulation=capacitor-lab&locale=es>
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P6A4 Recuperado de <https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-6-actividad-4.html>

7. Anexos

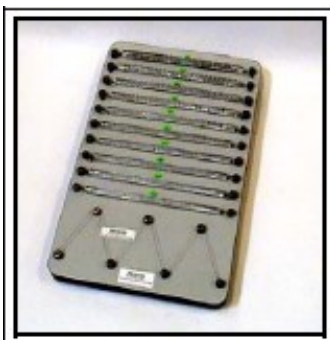
Cuestionario previo.


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 comparando estos valores con el capacitor equivalente?
4. Considera una conexión en serie de tres capacitores: 4 [μF], 6 [μF] y 12 [μF] 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 [μF], 6 [μF] y 12 [μF] 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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	53/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	54/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. 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.

2. 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.

Por otro lado, de acuerdo con la propia ecuación de Ohm, el valor de la diferencia de potenciales 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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	55/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Herramientas digitales

[Resistencia parámetros](#)

[Ecuación de ohm](#)

[Efecto Joule](#)

4. Equipo y material en el laboratorio



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 níquel.



Foto 4.
Tablero con diferentes
muestras de alambre
níquel.

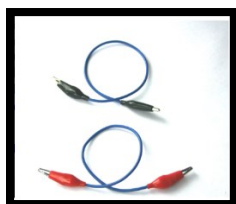



Foto 5.
Cables para conexión
(proporcionados por
los alumnos).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	56/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 simulador propuesto, verifica el tipo de relación de proporcionalidad que existen entre los valores de resistencia eléctrica en función de la longitud de un alambre. Considere una resistividad y un área transversal constante.

Resistencia parámetros


Material y equipo

- a. Multímetro digital con cables.
- b. Tablero con diferentes muestras de alambre de níquel.

En el siguiente espacio escribe la tabla de valores y dibuja la gráfica del comportamiento de la resistencia (R) en función de la longitud (L) del conductor.

L[m]	R[Ω]

Conclusiones del experimento


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	58/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Elabora una tabla con los valores de resistencia (R) recién obtenidos y con los valores del cociente (L/A), donde L es constante. Traza la gráfica que muestre la relación de proporcionalidad de “R” en función de “L/A”.

Obtén el modelo matemático del último modelo gráfico e interpreta el significado físico de su pendiente *m*. Compare la resistividad obtenida del modelo con respecto a la mostrada por el simulador.

$\frac{L}{A} \left[\frac{m}{m^2} \right]$	R [Ω]

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	59/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 empleo del simulador, observa el comportamiento de la corriente del resistor en función de la diferencial de potencial suministrada.


Ecuación de ohm

Material y equipo

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

En el siguiente espacio registra la tabla con al menos seis valores obtenidos de la corriente y diferencia de potencial del resistor y traza la gráfica correspondiente $I=f(V_{ab})$. Obtén el modelo matemático correspondiente a la gráfica obtenida. A partir de la pendiente del modelo matemático anterior determina el valor de la resistencia del conductor y compruebe con lo indicado en el simulador.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	60/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 simulador propuesto, fija la resistencia en $0.4 \text{ } [\Omega]$ y varía la diferencia de potencial. Verifica y analiza con tus compañeros las variables eléctricas involucradas en este experimento.

Efecto Joule


Material y equipo

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

Registra en la tabla la información que permita verificar el comportamiento de las variables presentes en el experimento. Analiza y comenta con tus compañeros sobre la importancia de los efectos de la energía disipada en un material conductor en un lapso determinado.

$V_{ab} \text{ [V]}$	$I \text{ [A]}$	$R \text{ } [\Omega]$	$P \text{ [W]}$
2.4			
4.08			
8.16			
12			

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	61/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Referencias

- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2. (7a edición.)* México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2. (13a edición)* México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2. (6a edición.)* España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ University of Colorado Boulder (2020) Resistencia en un alambre Recuperado de <https://phet.colorado.edu/es/simulation/resistance-in-a-wire>
- ❖ Vascak V. (julio de 2020) Ley de Ohm. Recuperado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ele_ohm&l=es
- ❖ University of Colorado Boulder (2020) PhET Simulation Recuperado de <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/battery-resistor-circuit/latest/battery-resistor-circuit.html?simulation=battery-resistor-circuit&locale=es>


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.

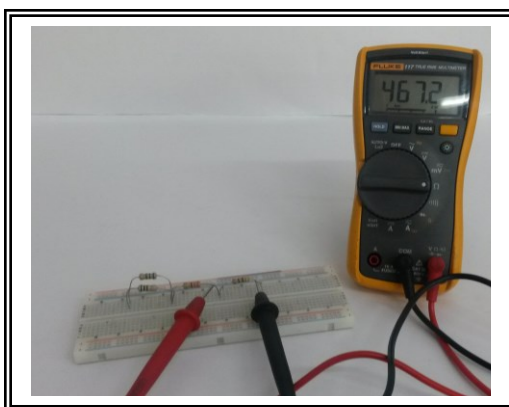
Expresiones matemáticas necesarias


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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	62/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	63/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. 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:

- Demostrar 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.
- Obtener las gráficas de carga y descarga de un capacitor en un circuito RC serie energizado por un generador de señales.

2. 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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	64/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Herramientas digitales

[Laboratorio virtual de circuitos](#)

[Tableta de prototipos](#)

4. Equipo y material en el laboratorio



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



Foto 2.
Multímetro digital con
cables.

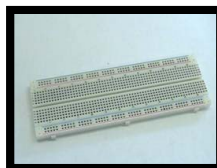


Foto 3.
Tableta de
proyectos
(proporcionada por
los alumnos).

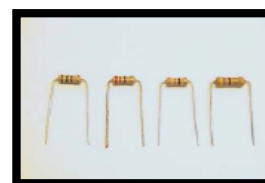


Foto 4.
Resistores de carbón
de: 1000[Ω], 470[Ω],
330[Ω], 220[Ω], 39[Ω],
27[Ω], 22[Ω] y 18[Ω],
todos a 1[W]
(proporcionados por los
alumnos).

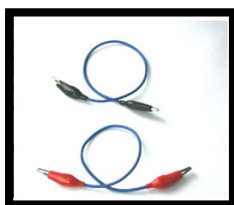



Foto 5.
Cables para
conexión
(proporcionados por
los alumnos).



Foto 6.
Focos
(proporcionados por los
alumnos).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	65/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 el empleo del simulador, conecta tres resistores en serie con valores de 100 $[\Omega]$, 47 $[\Omega]$ y 33 $[\Omega]$. Aplica en los extremos de la conexión una diferencia de potencial de 12 $[V]$. Realiza las mediciones de diferencia de potencial y corriente de cada uno de los elementos.

Tableta de prototipos


Material y equipo:

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

En el siguiente espacio dibuja el diagrama eléctrico del circuito rotulando todos los nodos, anota en la tabla los resultados de los cálculos y mediciones de corriente, diferencia de potencial y potencia realizadas según corresponda. Identifica las relaciones entre las corrientes en los diferentes resistores; así como las relaciones entre las diferencias de potencial. 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.

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

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	66/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 en el simulador una conexión en paralelo. Aplica en los extremos de la conexión una diferencia de potencial de 12 [V]. Calcula el resistor equivalente y su corriente eléctrica. Presta especial atención en la forma de conectar el multímetro cuando se desea medir corriente o diferencia de potencial eléctricas.

Tableta de prototipos


Material y equipo:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a. Multímetro digital con cables. b. Resistores de 1000[Ω], 470[Ω] y 330[Ω] c. (proporcionados por los alumnos). d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). | <ul style="list-style-type: none"> e. Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos). f. Fuente de 0-60[V] y 0-5.1 [A] de cd. |
|---|---|

En el siguiente espacio dibuja el diagrama eléctrico del circuito rotulando todos los nodos, anota en la tabla los resultados de los cálculos y mediciones de corriente, diferencia de potencial y potencia, según corresponda. Identifica las relaciones entre las corrientes en los diferentes resistores; así como las relaciones entre las diferencias de potencial. 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.

R _{med.} [Ω]	V _{med.} [V]	I _{calc.} [A]	I _{med.} [A]	P _{calc.} [W]

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	67/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 Aplicación de las leyes de Kirchhoff

Con el empleo del simulador arme el circuito indicado por el profesor, considere para el foco 1 $R_{f1}=5[\Omega]$ y para el foco 2 $R_{f2}=10[\Omega]$, deben trabajar a una potencia de 2.8125 [W] y 2.5[W] respectivamente. La fuente de alimentación es de 8 [V], calcule la resistencia que se requiere conectar en serie de cada foco para su correcto funcionamiento.


Laboratorio virtual de circuitos

Material y equipo:

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

En el siguiente espacio dibuja el diagrama eléctrico del circuito, anota tus cálculos, mediciones y ecuaciones correspondientes.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	68/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Actividad 4 **Circuito RC serie.**

Con el empleo del simulador arme un circuito RC serie considere $R=8[\Omega]$, $C=0.1[F]$ y el valor de la fuente de $10[V]$. Calcula el valor de la constante de tiempo (τ). Observa el comportamiento de la diferencia de potencial del capacitor seleccionando la opción “diagrama de voltaje”.

Laboratorio virtual de circuitos

En el siguiente espacio dibuja el diagrama eléctrico del circuito, anota tus observaciones

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	69/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Referencias


- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2.* (7a edición.) México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2.* (13a edición) México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2.* (6a edición.) España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ University of Colorado Boulder (2020) Kit de construcción de circuitos (CA y CC) Recuperado de <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac>

6. Anexos

Cuestionario previo.

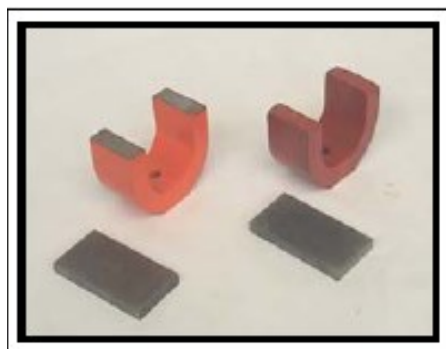
1. Investiga y enuncia el principio de conservación de la carga y el de la energía.
2. Investiga cómo se utiliza el código de colores para determinar el valor de un resistor.
3. Investiga las expresiones para obtener la resistencia equivalente de una conexión de resistores en serie y una conexión en 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 mencione 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 un circuito RC de la pregunta anterior?


IMPORTANTE: para utilizar el simulador [Tableta de prototipos](#) deberás crear una cuenta o asociar un correo.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	70/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	71/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	72/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. 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 de campo magnético.

2. 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.

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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	73/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Herramientas digitales

[Campo magnético](#)
[Experimento de Oersted 1](#)
[Experimento de Oersted 2](#)
[Campo magnético en una bobina](#)
[Tubo de Crookes](#)

4. Equipo y material en el laboratorio



Foto 1.
Brújula.

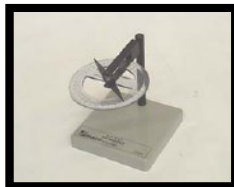


Foto 2.
Brújula con
transportador.

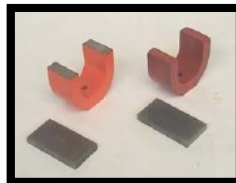


Foto 3.
Dos imanes en forma
de herradura.



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.

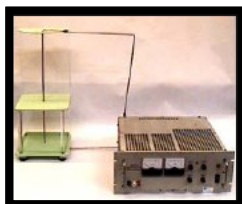


Foto 9.
Conductor recto de
cobre conectado a
una fuente de alto
voltaje (para uso del
profesor).

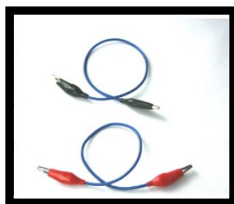



Foto 10.
Cables para conexión
(proporcionados por
los alumnos).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	74/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Desarrollo

Actividad 1 Polos magnéticos

Con el simulador propuesto, verifica la existencia de los polos magnéticos de la Tierra.


Campo magnético

Material y equipo

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| a. Brújula con transportador. | c. Dos imanes en forma de herradura. |
| b. Brújula. | d. Limadura de hierro. |

Analiza y comenta con el grupo lo realizado. En el siguiente espacio anota tus resultados. Dibuja el esquema correspondiente a las líneas de campo magnético que se forman alrededor de un imán.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	75/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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. Identifica las características de las líneas de configuración de ese campo magnético.


**[Experimento de Oersted 1](#)
[Experimento de Oersted 2](#)**

Material y equipo:

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

Dibuja el esquema correspondiente a las líneas de campo magnético que se forman alrededor del conductor recto e indica su dirección. Comprueba la regla de la mano derecha y escribe las características de las líneas de campo que hayas identificado. Comenta con el profesor los resultados obtenidos

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	76/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 simulador propuesto, comprueba la existencia de un campo magnético producido por una bobina.

[Campo magnético en una bobina](#)


[Video P9A3](#)

Material y equipo:

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

Dibuja los diagramas donde muestres las configuraciones de las líneas de campo.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	77/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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

Observa qué le sucede al haz de electrones cuando le acercas de manera independiente el polo norte y el polo el sur del imán.

[Tubo de Crookes](#)


[Video P9A4](#)

Material y equipo

- Imán de herradura.
- Osciloscopio.


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.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	78/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Referencias


- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2*. (7a edición.) México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2*. (13a edición) México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2*. (6a edición.) España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ University of Colorado Boulder (2020) Imán y Brújula. Recuperado de <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/magnet-and-compass>
- ❖ National Maglab (2012-2020) Oersted's Compass. Recuperado de <https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/orsted-s-compass>
- ❖ Vascak V. (julio de 2020) Campo Magnético de una Corriente Rectilínea. Recuperado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_vodic&l=es
- ❖ National Maglab (2012-2020) Electromagnetic Deflection in a Cathode Ray Tube. Recuperado de <https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/electromagnetic-deflection-in-a-cathode-ray-tube-i>
- ❖ National Maglab (2012-2020) Electromagnetic Deflection in a Cathode Ray Tube, I. Recuperado de <https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/electromagnetic-deflection-in-a-cathode-ray-tube-i>
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P9A3
Recuperado de <https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-9-actividad-3.html>
- ❖ Laboratorio de Electricidad y Magnetismo FI UNAM (Septiembre de 2020) P9A4
Recuperado de <https://laboratorioeym.blogspot.com/2020/09/video-practica-9-actividad-4.html>

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	79/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Anexos

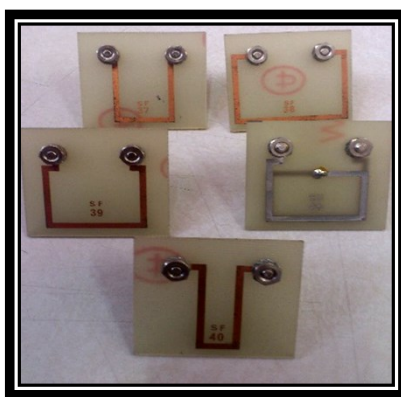
Cuestionario previo.


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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	80/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	81/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. 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 con respecto a la variación de corriente en el conductor.
- Obtener experimentalmente el modelo matemático de la fuerza magnética con respecto a la variación de la longitud del conductor.
- Conocer la estructura de un motor de corriente directa.

2. 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 sólo 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 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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	82/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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.

3. Herramientas digitales

[Fuerza magnética cualitativa](#)

[Fuerza magnética cuantitativa](#)

[Principio motor CD 1](#)

[Principio motor CD 2](#)

4. Equipo y material en el laboratorio



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



Foto 2.
Teslámetro analógico.



Foto 3.
Soporte, imán y conductor recto.



Foto 4.
Soporte universal.

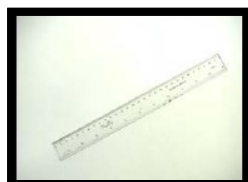


Foto 5.
Regla graduada.



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

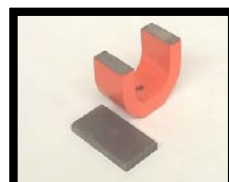


Foto 7.
Imán en forma de herradura.



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


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	83/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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.

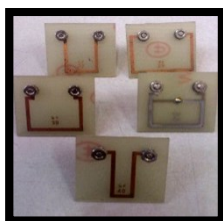


Foto 11.
Juego de conductores
Impresos
(SF-37, SF-38, SF-
39, SF-40, SF-41 y SF-
42).

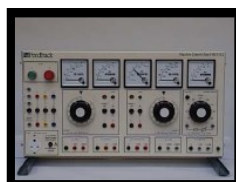


Foto 12.
Módulo feedback
Machine control panel
MCP182.



Foto 13.
Motor feedback
EMT180.




Foto 14.
Tacómetro manual.



Foto 15.
Brújula.



Foto 16.
Lámpara
Estroboscópica

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	84/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 simulador, observa la fuerza magnética sobre un conductor, a partir de la corriente eléctrica que circula en él estando inmerso en un campo magnético externo. Elabora el esquema de conexión propuesto e indica la posición relativa de los vectores: *longitud del conductor* (\vec{i}), *campo magnético externo* (\vec{B}_{ext}) y *fuerza magnética* (\vec{F}_m) involucrados en este experimento. Después invierte el sentido de la corriente y observa que sucede con el vector fuerza magnética.


Fuerza magnética cualitativa

Material y equipo:

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

Comenta con tus compañeros sobre los experimentos y registra tus observaciones.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	85/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2 Fuerza magnética con respecto a la variación de la corriente eléctrica en un conductor inmerso en un campo magnético externo.

Con empleo del simulador propuesto observe y registre el comportamiento de la fuerza de origen magnético cuando la corriente que circula por los conductores varía, manteniendo constantes el campo magnético, la longitud (L) de la región del campo magnético y el número de vueltas (N). Dibuja el modelo gráfico y obtén el modelo matemático de la fuerza de origen magnético en función de la corriente eléctrica ($F_m = m I + b$). A partir de la pendiente obtenida determine el valor del campo magnético y compárelo con el mostrado en el simulador.


Fuerza magnética cuantitativa

Material y equipo:

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

I [A]	F _m [N]

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	86/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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

Registre en una tabla el comportamiento de las variables del simulador propuesto (F_m y L), para diez valores de longitud. Dibuja el modelo gráfico y obtén el modelo matemático de la magnitud de la fuerza de origen magnético en función de la longitud del conductor ($F_m = m L + b$). A partir de la pendiente obtenida determine el valor del campo magnético y compárelo con el valor indicado en el simulador.


Fuerza magnética cuantitativa

Material y equipo

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a. Soporte universal. b. Regla graduada. c. Balanza de 400 [g] y resolución de 0.01 [g] | <ul style="list-style-type: none"> d. Soporte, imán y juego de conductores impresos de diferente longitud. e. Fuente de poder de 0 a 20 [V] 0-10 [A] de cd. |
|---|---|

L[m]	F _m [N]

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	87/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4 **Motor de CD**


Con el uso de los siguientes simuladores, analiza el principio de funcionamiento del motor de CD. Cuando el simulador esté en marcha observa el sentido de giro y verifica el sentido de la fuerza de origen magnético.

[Principio motor CD 1](#)

[Principio motor CD 2](#)


Elabora un esquema que represente lo anterior y su explicación correspondiente. En el espacio siguiente registra tus observaciones.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	88/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Referencias


- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2.* (7a edición.) México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2.* (13a edición) México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2.* (6a edición.) España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ National Maglab (2012-2020) Lorentz Force. Recuperado de <https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/lorentz-force>
- ❖ Fendt,W. (29 noviembre 1997) Motor de Corriente Continua. Recuperado de https://www.walter-fendt.de/html5/phes/electricmotor_es.htm
- ❖ National Maglab (2012-2020) DC Motor. Recuperado de <https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/dc-motor>

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	89/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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 parejas 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? Justifica tu respuesta con un esquema.
4. Y si los conductores son paralelos y sus corrientes circulan en sentidos contrarios, ¿la fuerza magnética es de atracción o de repulsión? Justifica tu respuesta con un esquema.
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 anote su expresión matemática.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	90/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	91/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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.


1. 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.

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

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	92/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Herramientas digitales

[Ley de Faraday](#)

[FEM](#)

[Laboratorio magnetismo](#)

[Transformador](#)

[Simulador simbólico](#)

3. Equipo y material en el laboratorio



Foto 1.
Limadura de hierro.



Foto 2.
Autotransformador
(Variac).

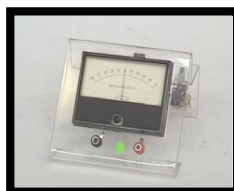


Foto 3.
Micro-amperímetro de
 $\pm 50 \mu\text{A}$ y cero
central.



Foto 4.
Brújula.

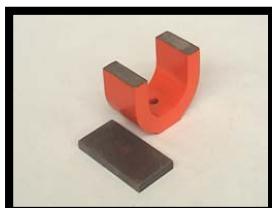


Foto 5.
Imán en forma de
herradura.



Foto 6.
Solenoide 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.

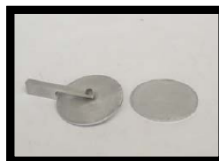


Foto 11.
Disco giratorio y
plato.



Foto 12.
Solenoide de 1600 espiras.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	93/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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.

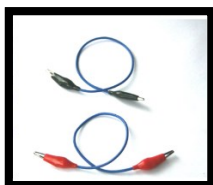


Foto 14. Cables
para conexión
(proporcionados por
los alumnos).



Foto 15.
Osciloscopio de doble
trazo.



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



Foto 17.
Conector BNC con
caimanes.

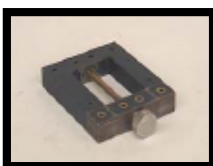


Foto 18.
Núcleo de hierro en
forma de O.



Foto 19.
Solenoide de 200
vueltas.




Foto 20.
Punta atenuadora para
osciloscopio.



Foto 21.
Cables banana- banana y
cables caimán-banana
(proporcionados por los
alumnos).



Foto 22.
Solenoide de 400
vueltas.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	94/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. 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) y campo magnético variable, cuando se acerca o se aleja un imán. Utiliza el simulador para observar dichos conceptos.


Lev de Faraday

Material y equipo

- | | |
|---|--|
| a. Micro-amperímetro de ± 50 [μA] y
cero central. | c. Solenoide de 1600 espiras. |
| b. Imán en forma de herradura. | d. Cables para conexión
(proporcionados por los alumnos). |

Dibuja los esquemas donde indiques el análisis de tu experimentación.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	95/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

**Actividad 2 Fuerza electromotriz inducida a partir de corrientes variables
(ley de Faraday y principio de Lenz)**

Comenta y analiza con tu profesor la ley de Faraday y el principio de Lenz. Posteriormente, el simulador propuesto observa los fenómenos descritos por Faraday y Lenz.


FEM

Material y equipo

- | | |
|---|-----------------------------|
| a. Autotransformador (Variac). | e. Anillo cerrado. |
| b. Solenoide de 800 vueltas y núcleo recto de acero. | f. Bobina con foco. |
| c. Anillo abierto. | g. Bobina sin aislamiento. |
| d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). | h. Disco giratorio y plato. |

Utiliza el espacio siguiente para describir, por medio de diagramas, tus observaciones.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	96/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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**

Empleando el simulador propuesto, selecciona la pestaña *transformador*, analiza que sucede cuando en la sección electroimán se elige la opción de la pila “CC” y compara con lo observado en la opción de una señal alterna “CA”.


Laboratorio magnetismo

Material y equipo

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a. Solenoide de 800 vueltas y núcleo recto de acero. b. Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd. c. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). | <ul style="list-style-type: none"> d. Bobina con foco. e. Limadura de hierro. |
|--|---|

¿A qué se debe el comportamiento del foco? Comenta con tus compañeros y justifica tu respuesta. Dibuja un diagrama de lo que sucede en ambos casos.

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	97/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4 Transformador eléctrico monofásico

Trabaja con el simulador propuesto para observar el comportamiento del transformador en su configuración elevador, determina que características se debe cumplir. Obtén la relación de transformación de al menos tres casos.


[Transformador](#) [Simulador simbólico](#)

En el segundo simulador, se debe seleccionar la ruta: “Ejemplos de circuitos”→ “otros circuitos pasivos” →”Transformadores” → “Transformador”

Material y equipo

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| a. Osciloscopio. | d. Núcleo de hierro en forma de O. |
| b. Conector BNC con caimanes. | e. Solenoide de 400 vueltas. |
| c. Transformador reductor. | f. Solenoide de 200 vueltas. |

Conclusiones del experimento

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	98/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


5. Referencias

- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2.* (7a edición.) México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2.* (13a edición) México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2.* (6a edición.) España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.
- ❖ University of Colorado Boulder (2020) Ley de Faraday 1.1.23. Recuperado de https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_es.html
- ❖ Vascak V. (julio de 2020) Ley de Lenz. Recuperado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_lenz&l=es
- ❖ Vascak V. (julio de 2020) Transformador. Recuperado de https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ac_transformator&l=es
- ❖ Falstad P. (julio de 2020) Circuit Simulator Applet. Recuperado de <http://falstad.com/circuit/>

6. 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 algunas aplicaciones de los transformadores eléctricos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	99/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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 (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	100/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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 y en paralelo de inductores.


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.

1. 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 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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	101/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Herramientas digitales

[Efecto inductivo](#)

[Inductancia - núcleo](#)

[Inductancia – número de vueltas](#)

[Conexión inductores](#)

3. Equipo y material en el laboratorio



Foto 1.
Multímetro.



Foto 2.
Medidor RLC.



Foto 3.
Fuente de diferencia de potencial continua.



Foto 4. Solenoide de 800 vueltas.



Foto 5
. Juego de bobinas.



Foto 6.
Autotransformador (Variac).



Foto 7
. Dos núcleos de hierro en forma de "O".



Foto 8
. Cables de conexión (banana-caimán, banana-banana), proporcionados por los alumnos



Foto 9
. Bobina con foco

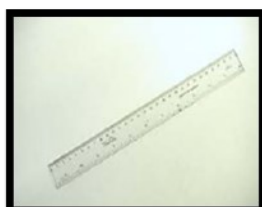



Foto 10
. Regla graduada de plástico

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	102/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo

Actividad 1 Identificación del efecto inductivo.

Con el apoyo del simulador, observa el efecto inductivo que se presenta.

Efecto inductivo

- a) Registre el valor de la autoinductancia L y la resistencia interna R del solenoide largo de N espiras, con núcleo de acero.

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

- b) Analice la conexión mostrada en el simulador y responda: ¿hay efecto inductivo?, ¿se produce campo magnético en el solenoide?, ¿por qué?

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

Con el apoyo del simulador observa como es el comportamiento del inductor con la presencia de diferentes tipos de núcleo.

Inductancia - núcleo


Registra el valor de la inductancia propia para cada uno de los casos presentados.

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.

De esta forma como:

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

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	103/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Con los valores registrados complete la siguiente tabla.

Material del núcleo	inductancia propia [H]	permeabilidad magnética $\mu \left[\frac{Wb}{A \cdot m} \right]$	$k_m = \frac{\mu}{\mu_0}$	clasificación magnética del material (paramagnético, diamagnético y ferromagnético)
aire				
acero				
cobre				
platino				


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

Con ayuda del simulador propuesto mida la autoinductancia con núcleo ferromagnético y la resistencia interna de cada embobinado, para cada valor de N (número de vueltas). Registre sus mediciones en el cuadro siguiente.

Inductancia – número de vueltas

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 concluye? Explique su respuesta.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	104/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
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.**

Apoyándose con el simulador, realice las conexiones indicadas.

Conexión inductores

- a) Inductores en serie con enrollado en el mismo sentido.
Registre el valor de la inductancia total (equivalente), considere que los inductores se encuentran a corta distancia.

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

- b) Inductores en serie con enrollado en sentido contrario.
Registre el valor de la inductancia total (equivalente), considere que los inductores se encuentran a corta distancia.

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


- c) A partir de las mediciones anteriores y con ayuda de las expresiones para la inductancia equivalente (L_{eq}) del cuestionario previo, determine la inductancia mutua (M) para las conexiones anteriores.

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

- d) Inductores en serie alejados entre sí.
Registre la inductancia equivalente de esta conexión cuando se encuentran lo más alejados posible (25 cm).

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

¿Qué concluye? Explique su respuesta.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo (modalidad a distancia)	Código:	MADO-15
		Versión:	02
		Página	105/105
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	27 de agosto de 2021
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Referencias

- ❖ Jaramillo, G. A., Alvarado, A. A. (2008) *Electricidad y Magnetismo*. (Reimpresión 2008.) México: Trillas.
- ❖ Serway R., Jewett J. (2009) *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol. 2.* (7a edición.) México: Cengage Learning.
- ❖ Young H. D., Freedman R. A., Sears y Zemansky (2013) *Física universitaria con física moderna. Vol.2.* (13a edición) México: Pearson.
- ❖ Tipler, P. A. (2003) *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2.* (6a edición.) España: Reverté.
- ❖ Resnick R., Halliday D., et al. (2011) *Física. Vol. 2*, México: Patria.

6. Anexos

Cuestionario previo.

1. Explique los conceptos de inductancia propia y mutua, así como sus unidades en el SI.

Escriba la ley de Faraday en términos de la variación de flujo magnético y de la variación de corriente eléctrica.

2. Deduzca la expresión que permite calcular la inductancia propia de un solenoide largo.
3. Escriba 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.
4. Escriba la expresión para calcular el inductor equivalente de dos inductores (L_1 y L_2), alejados entre sí, conectados en paralelo.