



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Departamento de Física
Sección Electricidad y Magnetismo

Carrera: Ingeniero en Telecomunicaciones Sistemas y Electrónica
(Clave 130)

Materia: Teoría Electromagnética (Clave 1526)

Práctica de Teoría Electromagnética: Carga Eléctrica y Leyes de Gauss

Autores:


Dr. Pedro Guzmán Tinajero, Mtra. Aide Castro Fuentes, Mtra. Ana María Terreros de la Rosa e Ing. Eduardo Carrizales Ramírez.

Fecha de elaboración: 8 de enero de 2024

Comité revisor:

Dr. Ramón Osorio Galicia, Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez e Ing. Ángel Rueda Ángeles.


Fecha de revisión: 18 de marzo de 2024

 **D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>
Fecha de asignación de la licencia 2024-03-18, para un uso diferente consultar al responsable jurídico del repositorio por medio del correo electrónico unidadjuridicafo@cuautitlan.unam.mx

ENTIDAD EDITORA
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

FORMA SUGERIDA DE CITAR: P. Guzmán Tinajero, A. Castro Fuentes, A.M. Terreros de la Rosa y E. Carrizales Ramírez, "Práctica de Teoría Electromagnética: Carga Eléctrica y Leyes de Gauss", Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, 2024.

Con la licencia  usted es libre de:

Compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.


La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia.

Bajo los siguientes términos:

Atribución: Usted debe dar crédito de manera adecuada y brindar un enlace a la licencia. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

No Comercial: Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

Sin Derivadas: Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.


UNAM
CUAUTITLÁN

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME clave del proyecto: PE103424



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	.....	2
CONOCIMIENTOS PREVIOS	.....	3
OBJETIVOS	.....	3
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	.....	3
CUESTIONARIO PREVIO	.....	7
MATERIAL Y EQUIPO	.....	8
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	.....	8
AGRADECIMIENTOS	.....	17

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla una práctica de laboratorio correspondiente a la asignatura de Teoría Electromagnética. Esta asignatura se encuentra ubicada en el quinto semestre de la Carrera en Ingeniero en Telecomunicaciones Sistemas y Electrónica. Carrera que se imparte actualmente en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la UNAM.

Esta práctica lleva por nombre Carga eléctrica y Leyes de Gauss y forma parte de un grupo de prácticas realizadas con el apoyo del proyecto PAPIME PE103424.



CONOCIMIENTOS PREVIOS

- I. Carga eléctrica
- II. Vector desplazamiento eléctrico
- III. Ley de Gauss para campos eléctricos.
- IV. Ley de Gauss para campos magnéticos.

OBJETIVOS

- Demostrar la existencia de carga eléctrica en la naturaleza, a través de un experimento con un Generador Van de Graaff.
- Verificar la aplicación de la Ley de Gauss para campos eléctricos: constante y variable.
- Validar la Ley de Gauss para un campo magnético constante, así como la “inexistencia” de monopolos magnéticos.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

CARGA ELÉCTRICA

La carga eléctrica (representada gráficamente por una figura esférica y por la letra “q”) es una propiedad de la materia presente en todo, la cual adquiere polaridad positiva o negativa (+ o -) al ceder o ganar electrones a través de diferentes formas de transmisión: fricción, inducción o contacto con otros cuerpos. No tiene una forma definida, así que adquiere la forma de su contenedor, pudiéndose encontrar en geometrías similares a las lineales, superficiales o volumétricas.



FUERZA ELÉCTRICA

La fuerza eléctrica es una magnitud fundamental en el estudio de la electricidad, y su comprensión es esencial para analizar las interacciones entre cargas eléctricas. En el contexto de la teoría electromagnética, la fuerza eléctrica representa la influencia que un cuerpo cargado ejerce sobre otro, en función del tipo de carga, el medio en el que se encuentran inmersos y la distancia entre ellos.

Matemáticamente, la ley de Coulomb proporciona la expresión cuantitativa de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales. Según esta ley, la fuerza eléctrica es directamente proporcional al producto de las magnitudes de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas, la dirección y el sentido de la fuerza lo proporciona el vector unitario. Ver Ecuación 1.

$$\text{Ecuación 1} \dots\dots\dots \vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} * \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} \quad \text{Ley de Coulomb}$$

CAMPO ELÉCTRICO

Si en algún momento se deseara encontrar la fuerza particular de una carga o cuerpo cargado, la otra carga o cuerpo, invariablemente tendría que considerarse un punto, (donde se colocaría una carga de prueba unitaria, que por definición es positiva). Al evaluar “la fuerza emitida por una carga o cuerpo cargado, cuando la otra tiende a cero”, se define entonces el concepto de campo eléctrico \vec{E} . Ver Ecuación 2.

$$\text{Ecuación 2} \dots\dots\dots \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1}{r^2} * \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} \quad \text{Ley de Campo Eléctrico}$$



CAMPO MAGNÉTICO

Cuando las cargas no permanecen estáticas, sino que se mueven (no importa el sentido), no solo producen campo eléctrico, también presentan variaciones de éste a través del tiempo, esta condición da origen a una intensidad de corriente eléctrica i , también variable en el tiempo, y por ende al campo magnético \vec{H} y a la inducción magnética \vec{B} . Esta relación la expresa Lorentz en una ecuación, misma que se puede enunciar a través de sus vectores o bien de su relación senoidal. Sobre todo, cuando se considera la relación de velocidad como distancia entre tiempo y la de corriente eléctrica como cargas variables en el tiempo. Ver Ecuaciones 3 y 4.

Ecuación 3..... $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ Ley de Lorentz para campos magnéticos

Ecuación 4..... $\vec{F} = B i L \sin \theta$ Ley de Lorentz considerando una corriente

LEYES DE GAUSS

El matemático alemán Karl Friedrich Gauss (1777-1855), postuló en 1835 la denominada Ley de Gauss para campos eléctricos que describe la relación entre la carga eléctrica y los campos producidos por esta, ver Ecuaciones 5 y 6.

Ecuación 5 $\varphi_E = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0}$ Ley de Gauss para \vec{E}

Ecuación 6 $\varphi_E = \oiint \vec{E} \epsilon_0 \cdot d\vec{s} = q$ Ley de Gauss para \vec{E} con permitividad



Suponiendo que se cuenta con un campo vectorial denominado densidad de flujo eléctrico \vec{D} , en el que se puede incluir la intensidad de campo eléctrico \vec{E} y la permitividad del medio ϵ_0 . A través de la ecuación 7

$$\text{Ecuación 7} \dots\dots\dots \vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} \quad \text{Densidad del flujo eléctrico}$$

En consecuencia, reescribimos la ley de Gauss para \vec{E} como aparece en la ecuación 8

$$\text{Ecuación 8} \dots\dots\dots \varphi = \oiint \vec{D} \cdot d\vec{s} = q \quad \text{Ley de Gauss para } \vec{D}$$

De manera análoga al campo eléctrico \vec{E} , podemos aplicar la ecuación de Gauss para un campo magnético \vec{H} y su vector de inducción magnética \vec{B} . Recordemos que la relación entre \vec{H} y \vec{B} esta dada a través de la permeabilidad μ del medio, como se expresa en la Ecuación 9.

$$\text{Ecuación 9} \dots\dots\dots \vec{B} = \mu \vec{H} \quad \text{Inducción y campo magnético}$$

La Ley de Gauss para \vec{B} describe que las líneas del campo magnético forman espiras cerradas; como consecuencia de no existir evidencia de monopolos magnéticos (hasta el día de hoy). Por lo que la ecuación de Gauss para la inducción magnética \vec{B} queda expresada en la ecuación 10

$$\text{Ecuación 10} \dots\dots\dots \varphi_B = \oiint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0 \quad \text{Ley de Gauss para } \vec{B}$$

APLICACIÓN DE LAS LEYES DE GAUSS EN INGENIERÍA

Si bien es cierto que el principio de las leyes de Gauss es explicar el comportamiento de los flujos vectoriales tales como el campo eléctrico y el campo magnético, en ingeniería es



más común verlo desde otro enfoque: Aplicamos la Ley para proteger elementos o circuitos del influjo de estos campos vectoriales. Por lo que es posible encontrar aplicaciones de las superficies gaussianas, tales como la propia Jaula de Faraday, dónde utilizamos una superficie cerrada para proteger los elementos de descargas eléctricas. El pararrayos o el apartarrayos.

CUESTIONARIO PREVIO

De acuerdo a las indicaciones de su profesor o profesora de laboratorio, este punto se puede cubrir de 2 formas distintas, consulte con él o ella cuál será la forma de trabajo. Las opciones recomendadas para cubrir con este requisito son las siguientes:

- a) Realice un video de máximo 2 minutos contestando las preguntas previas y súbalo a la plataforma que le indique su profesor o profesora de laboratorio.

O bien,

- b) Conteste el siguiente cuestionario previo a mano y entréguelo de acuerdo a las indicaciones que le asigne su profesor o profesora de laboratorio.

1. ¿Qué es carga eléctrica?
2. Escriba y explique con sus palabras la Ley de Gauss para campos eléctricos
3. Escriba y explique con sus palabras la Ley de Gauss para campos magnéticos
4. Mencione al menos 3 aplicaciones de la Ley de Gauss en ingeniería
5. Explique la diferencia principal entre un campo eléctrico y un campo magnético



MATERIAL Y EQUIPO

- Un hilo de estambre de 10 cm
- Un generador Van de Graaff.
- Una esfera de inducción
- Una esfera de aluminio con su hilo.
- Un capacitor de placas paralelas
- Una caja metálica con tapa
- Un imán de barra.
- Un osciloscopio con su punta
- Un generador de funciones con su cable
- Un juego de cables de conexión.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

I.- CARGA Y CAMPO ELÉCTRICOS

a) Verifique que la perilla del generador Van de Graaff (Figura 1.1), se encuentre al mínimo (todo a la izquierda) y conéctelo a la toma de corriente con la esfera de inducción en su base como se observa. En el orificio superior del generador Van de Graaff introduzca el hilo de estambre cuidando que quede la mitad de éste fuera del casco.



Figura 1.1.- Generador Van de Graaff

Fuente: Claustro de Teoría Electromagnética

b) Encienda el generador Van de Graaff, mueva la perilla lentamente hasta generar carga, posteriormente baje a cero la perilla (todo a la izquierda).

1.- Dibuje o tome foto de lo sucedido, mientras el generador obtuvo carga.

(Nota: La distancia recomendada para tomar la foto es el doble de la que se tenga con respecto a la establecida entre el Generador Van de Graaff y la esfera de inducción).

c) Apague el generador Van de Graaff y descárguelo con la esfera de inducción.



2.- Explique qué sucedió con el hilo de acuerdo a la ley de Coulomb.

3.- Mencione dos aplicaciones actuales de este experimento.

d) Conecte el casco del Generador Van De Graaff a una de las placas del Capacitor de placas circulares y la tierra del generador a la otra placa, luego suspenda entre ellas la esfera de aluminio tal como se observa en la Figura 1.2



Figura 1.2.- Conexión Generador Van De Graaff – Capacitor de placas circulares

Fuente: Claustro de Teoría Electromagnética



- e) Encienda el generador Van De Graaff, mueva la perilla lentamente hasta generar carga
- f) Proporcione un pequeño impulso a la esfera

4.- Explique qué sucedió con la esfera de acuerdo a la ley de Coulomb.

- g) Apague el generador el generador Van de Graaff y descárguelo con la esfera de inducción.

II.- LEY DE GAUSS PARA CAMPO ELÉCTRICO CONSTANTE.

- h) Realice una conexión como se muestra en la Figura 2.1, alimentando el osciloscopio con una señal senoidal proporcionada por el generador de funciones, a una frecuencia de 60 Hz y un voltaje de pico a pico máximo (21 Vpp)



Figura 2.1.- Conexión Osciloscopio - Generador de Funciones
Fuente: Claustro de Teoría Electromagnética



i) Verifique que la perilla del generador Van de Graaff, se encuentre al mínimo (todo a la izquierda) y conéctelo a la toma de corriente. Coloque en el orificio superior del casco del generador Van de Graaff un cable de conexión, y otro cable a la parte de tierra ubicada en la base. Observe la Figura 2.2



Figura 2.2.- Conexión Generador Van De Graaff - Osciloscopio - Generador de Funciones
Fuente: Claustro de Teoría Electromagnética

j) Acerque las puntas que provienen del Generador Van de Graaff hasta alcanzar una distancia mínima, sin tocarse, solo separadas por el cable coaxial que conecta el Osciloscopio con el Generador de Funciones, tal como se muestra en la Figura 2.3

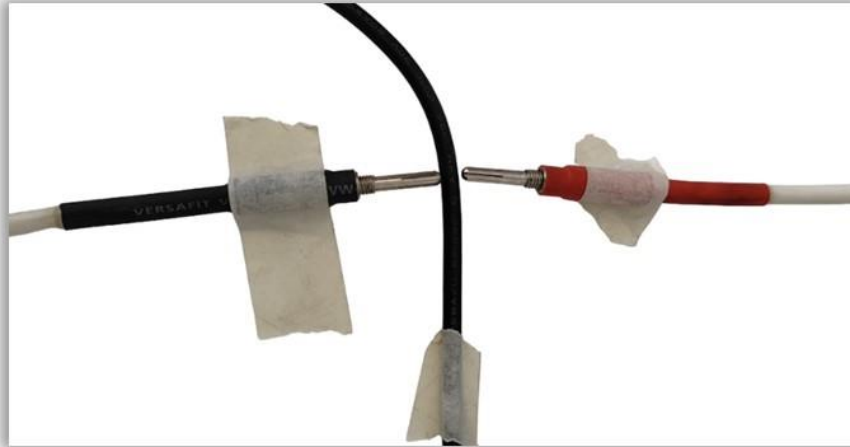


Figura 2.3.- Puntas del Osciloscopio separadas por el cable coaxial

Fuente: Claustro de Teoría Electromagnética

k) Encienda el generador Van de Graaff y mueva la perilla lentamente a la derecha, hasta generar un arco eléctrico, entre las puntas de los cables conectados a él. Como se aprecia en la Figura 2.4

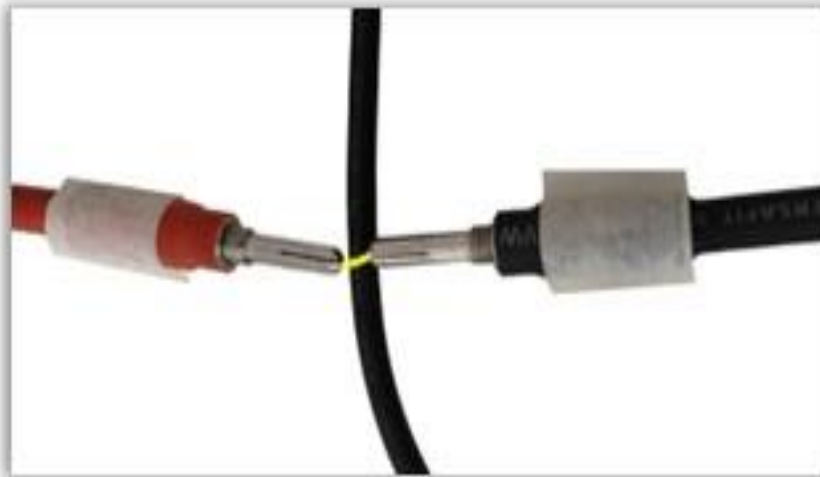


Figura 2.4.- Campo eléctrico constante sobre una superficie Gaussiana

Fuente: Claustro de Teoría Electromagnética



5.- ¿Qué sucede con la señal en el Osciloscopio? Explique

l) Apague el generador el generador Van de Graaff y descárguelo con la esfera de inducción.

III.- LEY DE GAUSS PARA CAMPO MAGNÉTICO CONSTANTE

m) Realice una conexión como se muestra en la Figura 3.1, alimentando el osciloscopio con una señal senoidal proporcionada por el generador de funciones, a una frecuencia de 60 Hz y un voltaje de pico a pico máximo (21 Vpp)



Figura 3.1.- Conexión Osciloscopio - Generador de Funciones

Fuente: Claustro de Teoría Electromagnética

n) Coloque un imán debajo del cable que transporta la señal al osciloscopio, como se aprecia en la figura 3.2



Fig. 3.2 Campo magnético sobre una superficie Gaussiana
Fuente: Claustro de Teoría Electromagnética

6.- ¿Qué sucede con la señal en el Osciloscopio? Explique

o) Apague el generador de Funciones y el Osciloscopio, posteriormente desconéctelos.

IV.- LEY DE GAUSS PARA CAMPO ELÉCTRICO VARIABLE.

p) Coloque el teléfono celular de algún compañero (celular 1) dentro de una caja metálica (sin tapparla), haga una llamada con un segundo celular (celular 2) el cual debe tener el altavoz activado. (Ver figura 4.1). Cuando empiece a sonar el celular 1 tape la caja.



Fig. 4.1 Campo eléctrico variable sobre una superficie Gaussiana
Fuente: Claustro de Teoría Electromagnética

7.- Explique qué sucede inmediatamente después de cerrar la caja en:

- El celular 1 _____ ¿Por qué? _____

- El celular 2 _____ ¿Por qué? _____

q) Vuelva a marcar el número del celular 1 con la caja tapada

8.- Explique qué sucede después de aproximadamente 10 segundos de haber tapado la caja en:

- El celular 1 _____ ¿Por qué? _____

- El celular 2 _____ ¿Por qué? _____



9.- Escriba sus conclusiones a esta práctica.

AGRADECIMIENTOS

Los profesores integrantes del proyecto PAPIME clave del proyecto: PE103424, agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, específicamente al Departamento de Física y al Repositorio de la FESC, a las autoridades, funcionarios, personal, así como a todos los académicos y académicas que hicieron posible este trabajo. ¡Muchas gracias!