

## Unidad V: Electrostática

### 5.1 Definiciones

Es la rama de la física que estudia los fenómenos eléctricos producidos por distribuciones de cargas estáticas, esto es, el campo electrostático de un cuerpo cargado

La existencia del fenómeno electrostático es bien conocido desde la antigüedad, existen numerosos ejemplos ilustrativos que hoy forma parte de la enseñanza moderna; como el de comprobar como ciertos materiales se cargan de electricidad por simple frotadura y atraen, por ejemplo, pequeños trozos de papel o pelo a un globo que previamente se ha frotado con un paño. A comienzos del siglo XVII comienzan los primeros estudios sobre la electricidad y el magnetismo orientados a mejorar la precisión de la navegación con brújulas magnéticas. El físico real británico William Gilbert utiliza por primera vez la palabra electricidad del griego elektron (ámbar). El jesuita italiano Niccolo Cabeo analizó sus experimentos y fue el primero en comentar que había fuerzas de atracción entre ciertos cuerpos y de repulsión entre otros.

En 1785 el físico francés Charles Coulomb publicó un tratado en el que se describían por primera vez cuantitativamente las fuerzas eléctricas, formulando las leyes de atracción y repulsión de cargas eléctricas estáticas, usando la balanza de torsión para realizar sus medidas. En su honor estas leyes se conocen con el nombre de ley de Coulomb. Esta ley, junto con su elaboración matemática más sofisticada a través del teorema de Gauss y la derivación de los conceptos de campo eléctrico y potencial eléctrico, describen la práctica totalidad de los fenómenos electrostáticos.

## 5.2 Sistemas de unidades

Un sistema de unidades es un conjunto consistente de unidades de medida. Definen un conjunto básico de unidades de medida a partir del cual se derivan el resto. Existen varios sistemas de unidades:

- Sistema Internacional de Unidades o SI: es el sistema más usado. Sus unidades básicas son: el metro, el kilogramo, el segundo, el ampere, el kelvin, la candela y el mol. Las demás unidades son derivadas del Sistema Internacional.
- Sistema métrico decimal: primer sistema unificado de medidas.
- Sistema cegesimal o CGS: denominado así porque sus unidades básicas son el centímetro, el gramo y el segundo.
- Sistema Natural: en el cual las unidades se escogen de forma que ciertas constantes físicas valgan exactamente 1.
- Sistema técnico de unidades: derivado del sistema métrico con unidades del anterior. Este sistema está en desuso.
- Sistema Métrico Legal Argentino: Sistema de Medidas, unidades y magnitudes que se utiliza en Argentina.
- Sistema anglosajón de unidades: aún utilizado en algunos países anglosajones. Muchos de ellos lo están reemplazando por el Sistema Internacional de Unidades.

Además de éstos, existen unidades prácticas usadas en diferentes campos y ciencias. Algunas de ellas son:

- Unidades atómicas
- Unidades usadas en Astronomía
- Unidades de longitud
- Unidades de superficie
- Unidades de volumen
- Unidades de masa

- Unidades de medida de energía
- Unidades de temperatura
- Unidades de densidad

### **5.3 Carga eléctrica y sus propiedades**

La carga eléctrica es una propiedad física intrínseca de algunas partículas subatómicas que se manifiesta mediante fuerzas de atracción y repulsión entre ellas. La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos, siendo a su vez, generadora de ellos. La denominada interacción electromagnética entre carga y campo eléctrico es una de las cuatro interacciones fundamentales de la física. Desde el punto de vista del modelo estándar la carga eléctrica es una medida de la capacidad que posee una partícula para intercambiar fotones.

Una de las principales características de la carga eléctrica es que, en cualquier proceso físico, la carga total de un sistema aislado siempre se conserva. Es decir, la suma algebraica de las cargas positivas y negativas no varía en el tiempo.  
 $Q_i = Q_f$

### **5.4 Leyes de la electrostática**

- Ley Cualitativa: “Las cargas eléctricas de la misma naturaleza (igual signo) se repelen y las de naturaleza diferente (signo diferente) se atraen.
- Ley Cuantitativa (Ley de Coulomb) “Las fuerzas que se ejercen entre dos cargas eléctricas son directamente proporcional a los valores de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa”

## 5.5 Campo eléctrico

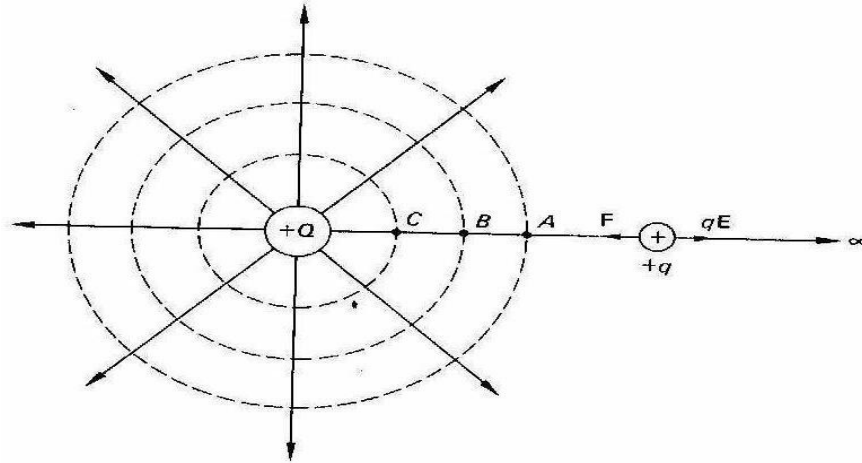
El **campo eléctrico** es un campo físico que es representado mediante un modelo que describe la interacción entre cuerpos y sistemas con propiedades de naturaleza eléctrica.<sup>1</sup> Se describe como un campo vectorial en el cual una carga eléctrica puntual de valor  $q$  sufre los efectos de una fuerza eléctrica  $\vec{F}$  dada por la siguiente ecuación:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

En los modelos relativistas actuales, el campo eléctrico se incorpora, junto con el campo magnético, en campo tensorial cuadridimensional, denominado campo electromagnético  $F^{\mu\nu}$

## 5.6 Cálculo de potencial eléctrico en diferentes configuraciones

Si se considera el espacio entre dos placas con carga opuesta, los cálculos para determinar el trabajo se simplifican en forma considerable, ya que el campo eléctrico es uniforme. La fuerza eléctrica que experimenta una carga es constante mientras permanezca entre las placas. Sin embargo, por lo general el campo no será constante y debemos tener en cuenta que varía, la siguiente figura ilustra lo anterior.



La fuerza eléctrica promedio ejercida por una carga  $+q$  cuando se mueve del punto A al punto B es:

$$F = \frac{kQq}{r_A r_B}$$

Donde:  $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

El trabajo realizado contra un **campo eléctrico** al mover la carga  $-q$  a lo largo de la distancia  $r_A - r_B$  es:

$$\text{Work}_{A \rightarrow B} = kQq \left( \frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

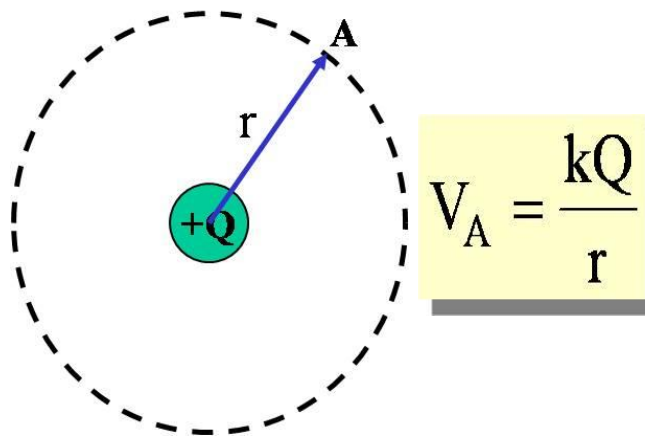
Y desde infinito a la distancia  $r$ :

$$\text{Work}_{\infty \rightarrow r} = \frac{kQq}{r}$$

La **energía potencial** del sistema es igual al trabajo realizado contra las fuerzas eléctricas para llevar la carga +q desde el infinito hasta ese punto.

$$\text{P.E} = \frac{kQq}{r}$$

El **potencial** V en un punto situado a una distancia r de una carga Q es igual al trabajo por unidad de carga realizado contra las fuerzas eléctricas para transportar una carga positiva +q desde el infinito hasta dicho punto.



- Las unidades del potencial se expresan en **joules** por **coulomb** o **volts** (V).
- Las **líneas equipotenciales** siempre son perpendiculares a las líneas del campo eléctrico.
- El potencial debido a una carga positiva es positivo.
- El potencial debido a una carga negativa es negativo.

## 5.7 Capacitores con dieléctrico

Se denomina dieléctrico al material mal conductor de electricidad, por lo que puede ser utilizado como aislante eléctrico, y además si es sometido a un campo eléctrico externo, puede establecerse en él un campo eléctrico interno, a diferencia de los materiales aislantes con los que suelen confundirse. Todos los materiales dieléctricos son aislantes pero no todos los materiales aislantes son dieléctricos.<sup>1</sup>

Algunos ejemplos de este tipo de materiales son el vidrio, la cerámica, la goma, la mica, la cera, el papel, la madera seca, la porcelana, algunas grasas para uso industrial y electrónico y la baquelita. En cuanto a los gases se utilizan como dieléctricos sobre todo el aire, el nitrógeno y el hexafluoruro de azufre.

## 5.8 Energía asociada a un campo eléctrico

La energía almacenada por un inductor puede expresarse por unidad de volumen, lo que nos da el concepto de densidad de energía en el campo magnético, que es un concepto similar al de densidad de energía en el campo eléctrico visto anteriormente. Por simplicidad considere un solenoide cuya inductancia está dada por la ecuación.

$$L = \mu_0 N^2 A$$

El campo magnético de un solenoide está dado por la ecuación  $B = \mu_0 N I$ .  
Despejando  $I$  de esta ecuación obtenemos:  $I = \frac{B}{\mu_0 N}$

$$\mu_0 N$$

En general queda de la siguiente forma:

$$U_B = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \mu_0 N^2 A I^2 = \frac{1}{2} \mu_0 N^2 A \left( \frac{B}{\mu_0 N} \right)^2 = \frac{B^2}{2 \mu_0} (A L)$$

Debido a que  $A L$  es el volumen del solenoide, la energía almacenada por unidad de volumen en un campo magnético es la siguiente:

$UB = UB = B^2.$

AL  $2\mu_0$

Donde:

UB = Densidad de energía magnética asociada a un inductor.

UB = Energía almacenada en un inductor.

B = Campo magnético.

$\mu_0 =$  Constante de permeabilidad del aire  $12.56 \times 10^{-7}$  Tm/A.

## **5.9 Capacitores en serie y paralelo**

Un capacitor puede ser armado acoplando otros en serie y/o en paralelo. De esta manera se obtiene una capacidad total equivalente para el conjunto de capacitores que se puede calcular mediante expresiones simples. También es posible conocer las caídas de potencial y la carga almacenada en cada capacitor.

El acoplamiento de capacitores en serie se realiza conectando en una misma rama uno y otro capacitor, obteniendo una capacidad total entre el primer borne del primer capacitor y el último del último.

### ***Capacidad total en serie***

La capacidad total (o equivalente) en serie se calcula sumando las inversas de cada una de las capacidades y calculando la inversa del resultado.