

## 1

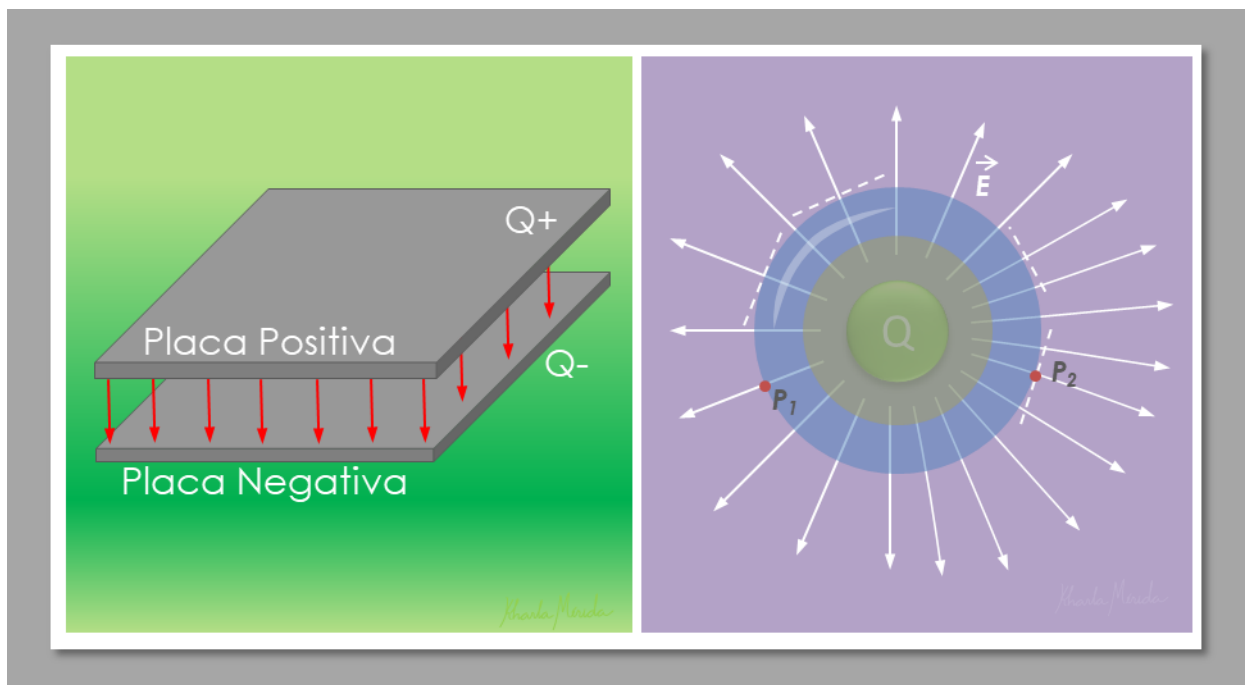
## 1ra Unidad

# Electricidad y Magnetismo

## 1.5 Energía Potencial Eléctrica

*La evolución es un proceso inevitable, ya sea que seamos parte de ella o no. Si decidimos ser parte de ella debemos asumir el reto de reaprender.*

### Descripción



En esta sección conoceremos otra forma de energía, cómo se comporta, su efecto en sistemas físicos regidos por la electricidad y el magnetismo. Manejar el concepto de energía en años anteriores aporta bases para entender el comportamiento de la energía en los fenómenos eléctricos. Acompáñanos a descubrir la energía potencial eléctrica.

## Conocimientos Previos Requeridos

Simplificación de Potencia, Operaciones de Unidades, Conversión de Unidades, Vectores, Fuerza Eléctrica, Ley de Coulomb, Campo Eléctrico.

## Contenido

Energía Potencial Eléctrico, Potencial Eléctrico, Diferencia de Potencial Eléctrico, Ejercicios.

## Guiones Didácticos

**ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Energía Potencial Eléctrica y Potencial Eléctrico.**

**ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico.**

**ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico. Ejercicios 1 y 2**

**ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico. Ejercicio 3**

**ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico. Ejercicios 4**

Los guiones didácticos que aparecen en este objetivo corresponden a videos en desarrollo.

## Guiones Didácticos

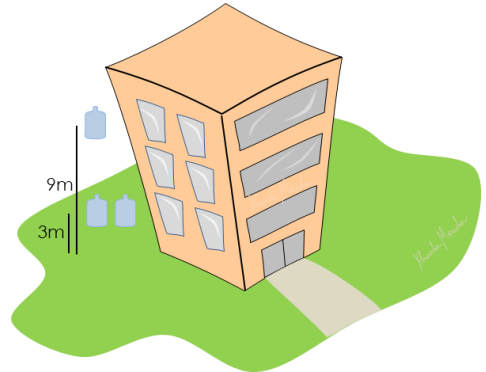
### ▶ ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Energía Potencial Eléctrica y Potencial Eléctrico.

Visualicemos las siguiente situación:

Dos repartidores despachan botellones de agua a distintos pisos de un edificio.

Si el repartidor más antiguo lleva dos botellones por viaje y el repartidor nuevo lleva un botellón por vez. ¿Cuál realiza más trabajo por vuelta?

Si el repartidor más antiguo reparte a los del 1er piso, y el repartidor nuevo a los del 3er piso, y hay 3 m de altura en cada piso, ¿Cuál realiza más trabajo por vuelta?



En **Física de 3er año** aprendimos que el trabajo realizado por una fuerza que actúa en la misma dirección del desplazamiento es el producto de la fuerza por el desplazamiento:  $W = F \cdot d$ .

Si el peso de un botellón es  $B$  Newton, el trabajo realizado por cada uno por piso es:

El repartidor antiguo carga dos botellones:

$$W = 2B \text{ N} \cdot 3\text{m}$$

$$W = 6B \text{ joule}$$



El repartidor nuevo carga un botellón por vez:

$$W_1 = B \text{ N} \cdot 3\text{m}$$

$$W = 3B \text{ joule}$$



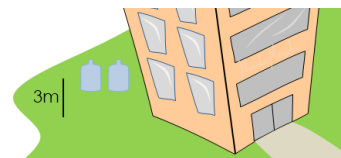
**1ra Observación:** A mayor fuerza mayor trabajo

Despechando a diferentes pisos:

El repartidor antiguo carga dos botellones al 1er piso:

$$W = 2B \text{ N} \cdot 3\text{m}$$

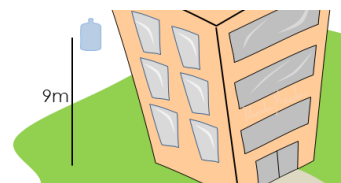
$$W = 6B \text{ joule}$$



El repartidor nuevo carga un botellón al 3er piso:

$$W = B \text{ N} \cdot 3(3\text{m})$$

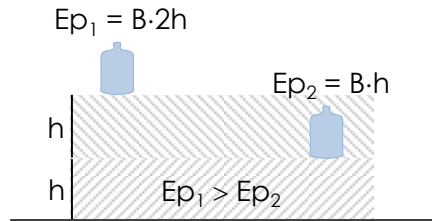
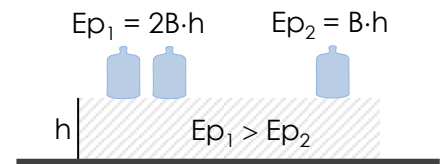
$$W = 9B \text{ joule}$$



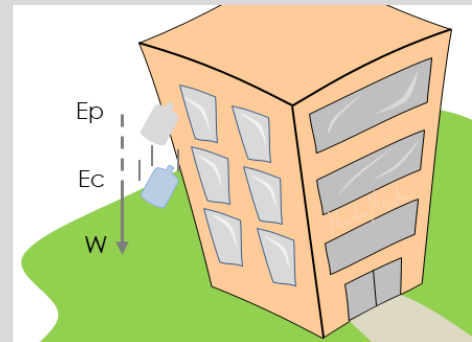
**2da Observación:** A mayor distancia de la superficie mayor trabajo realizado

Como **el trabajo realizado para subir un cuerpo de peso determinado es equivalente a la energía potencial que adquiere el cuerpo**, podemos concluir que:

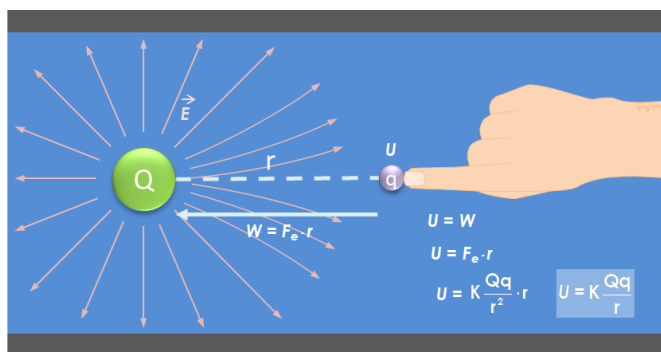
- Para una misma altura (distancia del suelo), a mayor peso mayor energía potencial.
- A mayor distancia del suelo mayor es la energía potencial adquirida por un cuerpo.



Si soltamos un botellón en el aire desde una ventana del 3er piso, caerá gracias a la acción de la fuerza gravitacional. La energía potencial adquirida por estar a esa altura se transforma en movimiento (energía cinética), y al llegar al suelo, toda la energía inicial es equivalente al trabajo realizado por la fuerza gravitacional.



Llevaremos este análisis a otro campo tan interesante como el gravitacional, el **Campo Eléctrico**.



Para movilizar una carga de prueba,  $q$ , desde el infinito hacia un punto del interior del campo eléctrico, se debe aplicar una fuerza externa que realiza un trabajo en contra de las fuerzas eléctricas del campo.

Este **Trabajo** es equivalente a la **Energía Potencial Eléctrica,  $U$** , de la carga de prueba,  $q$ .

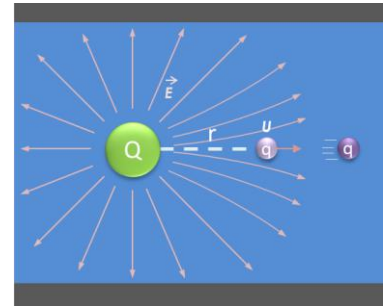
**Nota:** Entendamos por infinito un lugar muy alejado donde la influencia del campo eléctrico de una carga generadora,  $Q$ , es nulo.

**Energía Potencial Eléctrica.** Capacidad para realizar un desplazamiento dentro de un campo eléctrico a causa de las fuerzas eléctricas en él.

$$U = K \frac{Qq}{r}$$

Si soltamos la carga de prueba  $q$ , en un punto dentro del campo generado por  $Q$ , se moverá por acción de las fuerzas eléctricas del campo, en la dirección de éste.

La energía potencial eléctrica inicial se transforma en movimiento y finalmente en trabajo realizado para desplazar la carga de prueba.



Como **el trabajo realizado para mover una carga de prueba es equivalente a la energía potencial eléctrica de ésta**, podemos concluir que:

Para una misma distancia a la carga generadora, **a mayor valor de la carga de prueba, mayor es la energía potencial eléctrica.**

Para efectos del estudio de un campo eléctrico y sus propiedades se hizo necesario definir una nueva cantidad física

**Potencial Eléctrico, V.** Energía Potencial Eléctrica por unidad de carga.

$$V = \frac{U}{q}$$

**Potencial Eléctrico, V, de un Campo Eléctrico creado por una carga puntual Q.**

$$V = k \frac{Q}{r}$$

Esta cantidad es escalar y considera la energía potencial eléctrica en un punto específico del campo eléctrico generado por una carga  $Q$ , respecto a la unidad de carga.

Lo que nos da el potencial eléctrico para cualquier cantidad o valor de cargas, o para ninguna carga de prueba, **mide una propiedad del espacio correspondiente al campo eléctrico.**

La unidad de medida del potencial eléctrico es el volt, V, en honor al físico italiano Alessandro Volta. A este caballero debemos la creación de la pila eléctrica.

$$V = \frac{U}{q} \rightarrow \frac{J}{C}$$

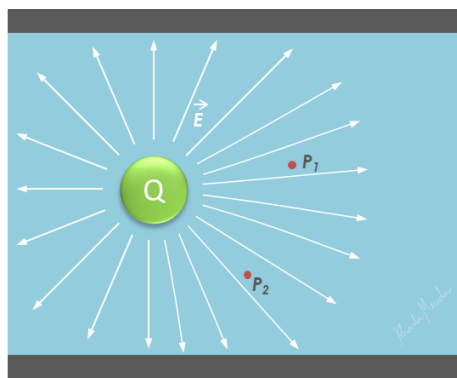
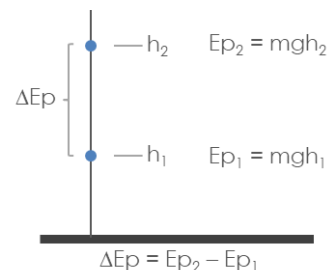
### ¿Cómo se interpreta esta cantidad?

Un potencial de 110 V significa:

En ese punto una carga de 1 C adquiere una energía de 110 J.

## ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico.

Una vez más partiremos de la observación del fenómeno Campo Gravitacional para llegar a la visión del Campo Eléctrico, por lo cotidiano y fácilmente verificable de este fenómeno natural.



Entre dos puntos de un campo eléctrico se tiene energías potenciales eléctricas distintas y en consecuencia existe Diferencia de Potencial.

**Diferencia de Potencial.** Es el trabajo,  $W$ , realizado por un agente externo por unidad de carga para desplazar una carga,  $q$ , entre dos puntos de un campo eléctrico.

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

Independientemente de la trayectoria seguida de un punto a otro.

Sabemos que el trabajo realizado para mover la carga de un punto a otro es equivalente a la diferencia de energía potencial eléctrica entre ellos,  $W = \Delta U$ .

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

Entonces, la variación de energía potencial de una carga,  $q$ , que se mueve entre dos puntos del espacio que están a diferente potencial, es:

$$\Delta U = U_f - U_i$$

$$\Delta U = q \cdot \Delta V$$

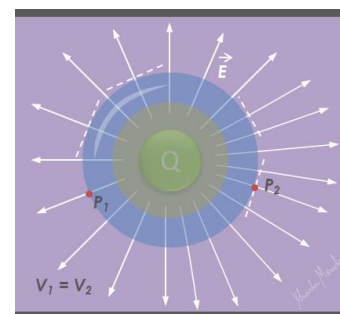
### Nota:

- Si el trabajo es realizado por el campo eléctrico, la energía potencial disminuye, y el trabajo realizado es positivo.
- Si el trabajo es realizado por un agente externo, en contra del sentido del campo, la energía potencial aumenta y el trabajo realizado es negativo.

**Superficies Equipotenciales.** Son superficies formadas por puntos con igual potencial eléctrico.

### Nota:

- Una partícula eléctrica que se mueve en una misma superficie equipotencial, no experimenta cambios de energía potencial.
- Las Líneas de campo son perpendiculares a las superficies equipotenciales.



## Diferencia de Potencial en Un Campo Eléctrico Uniforme.

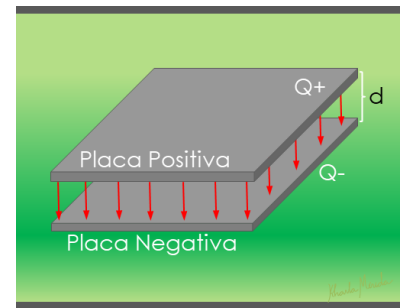
En el objetivo anterior (**1.3 Campo Eléctrico**) aprendimos que los **Campos Eléctricos Uniformes** son los que tienen el mismo módulo dirección y sentido en cada punto del espacio.

Para determinar la diferencia de potencial entre dos puntos del interior de un campo eléctrico uniforme tenemos:

$$\Delta V = E \Delta x$$

Para el caso de un **Condensador de Placas Planas** tenemos que entre sus placas **la diferencia de potencial eléctrico (diferencia de voltaje)** está en función de la distancia que separa las placas,  $d$ , y del valor del campo entre ellas,  $E$ .

$$\Delta V = E \cdot d$$



## ▶ ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico. Ejercicios 1 y 2

**E1:** En un punto de un campo eléctrico, una carga eléctrica de  $15 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ , adquiere una energía potencial de  $90 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ . Determinar el valor del Potencial Eléctrico en ese punto.

Lo primero que haremos es interpretar el enunciado para extraer los datos.

### Datos

**En un punto de un campo eléctrico, una carga eléctrica de  $15 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ .** Esta parte del enunciado nos da el valor de la carga de prueba.

$$q = 15 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

**adquiere una energía potencial de  $90 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ .** Esto nos indica la energía potencial.

$$U = 90 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

**Determinar el valor del Potencial Eléctrico en ese punto.** Esto nos indica que la incógnita es el Potencial Eléctrico,  $V$ .

$$V = ?$$

### Fórmulas

**Energía Potencial:** 
$$U = K \frac{Qq}{r}$$

**Potencial Eléctrico, conociendo la carga de prueba y su Energía Potencial**

$$V = \frac{U}{q}$$

**Potencial Eléctrico de un Campo Eléctrico creado por una carga puntual  $Q$  :**

$$V = K \frac{Q}{r}$$

Para este caso usaremos la 2da Fórmula, que nos da el potencial eléctrico de una carga de prueba conociendo su energía potencial.

Sustituimos los valores conocidos:

$$q = 15 \cdot 10^{-8} \text{ C} \quad U = 90 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Efectuamos las operaciones:

$$V = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$V = \frac{90 \cdot 10^{-4} \text{ J}}{15 \cdot 10^{-8} \text{ C}}$$

$$V = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

**E2:** Hallar el potencial eléctrico en un punto situado a una distancia de 30 centímetros de un conductor que tiene un exceso de carga positiva de +5nC.

Lo primero que haremos es interpretar el enunciado para extraer los datos.

### Datos

**Hallar el potencial eléctrico.** Esta parte del enunciado nos indica que la incógnita es el potencial eléctrico.

$$V = ?$$

**en un punto situado a una distancia de 30 centímetros de un conductor.** Esto nos da la distancia a la carga generadora.

$$r = 30 \text{ cm}$$

**que tiene un exceso de carga positiva de +5nC.** Esto nos indica la carga generadora.

$$Q = +5 \cdot \text{nC}$$

### Fórmulas

**Energía Potencial:**  $U = K \frac{Qq}{r}$

**Potencial Eléctrico, conociendo la carga de prueba y su Energía Potencial**

$$V = \frac{U}{q}$$

**Potencial Eléctrico de un Campo Eléctrico creado por una carga puntual Q :**

$$V = K \frac{Q}{r}$$

**Para hallar el Potencial Eléctrico** usaremos la 3ra Fórmula, que nos da el potencial eléctrico en un punto ubicado a una distancia dada de una carga generadora conocida.

Sustituimos los valores:

$$r = 30 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m} \quad Q = +5 \cdot \text{nC} = +5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$V = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2} \frac{5 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{3 \cdot 10^{-1} \text{ m}}$$

Simplificamos unidades, potencias de 10:

$$V = 9 \text{ NmC}^{-1} \frac{5}{3 \cdot 10^{-1}}$$

Efectuamos las operaciones:

$$V = 150 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$V = 150 \text{ V}$$

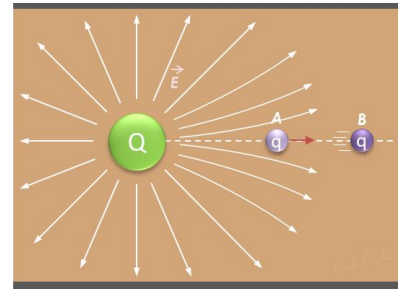




## ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico. Ejercicio 3

**E3:** Una carga de prueba se mueve del punto A al B por la acción de fuerzas eléctricas de un campo generado por la carga  $Q = 4 \mu\text{C}$ . Determinar:

- La Diferencia de Potencial  $\Delta V_{AB}$ , si las distancias del punto A y el punto B a la carga  $Q$  son de 20cm y 40cm respectivamente.
- El valor del trabajo realizado por el campo eléctrico para mover la carga de prueba  $q = 9\text{nC}$  desde el punto A al punto B.



Lo primero que haremos es interpretar el enunciado para extraer los datos.

### Datos

**Una carga de prueba se mueve del punto A al B.** Esto indica un cambio de ubicación por tanto un cambio de energía potencial y en consecuencia una Diferencia de potencial.

$$V_A, V_B \rightarrow \Delta V_{AB}$$

**por la acción de fuerzas eléctricas de un campo generado por la carga  $Q = 4\mu\text{C}$ .** Esto nos da el valor de la carga generadora.

$$Q = 4\mu\text{C}$$

**Determinar la diferencia de Potencial  $\Delta V_{AB}$ .** Una de las incógnitas es la diferencia de potencial

$$\Delta V_{AB} = ?$$

**si las distancias del punto A y el punto B a la carga  $Q$  son de 20cm y 40cm respectivamente.** Distancias de ambas ubicaciones a la carga generadora.

$$r_A = 20\text{cm}$$

$$r_B = 40\text{cm}$$

**Determinar el valor del trabajo realizado por el campo eléctrico.** Segunda incógnita, trabajo realizado por el campo,  $W$ .

$$W_{AB} = ?$$

**para mover la carga de prueba  $q = 9\text{nC}$  desde el punto A al punto B.** Valor de la carga de prueba.

$$q = 9\text{nC}$$

### Fórmulas

**Energía Potencial:**  $U = k \frac{Qq}{r}$

**Potencial Eléctrico, conociendo la carga de prueba y su Energía Potencial**

$$V = \frac{U}{q}$$

**Potencial Eléctrico de un Campo Eléctrico creado por una carga puntual  $Q$  :**

$$V = k \frac{Q}{r}$$

**Diferencia de Potencial Eléctrico:**

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

**Variación de Energía Potencial Eléctrica:**  $\Delta U = q \cdot \Delta V$

**1ra incógnita,  $\Delta V$ :** usaremos la tercera fórmula para hallar el potencial eléctrico en A y en B, y luego la diferencia.

**2da incógnita,  $W_{AB}$ :** usaremos la cuarta fórmula, y despejamos  $W$ .

Sustituimos los valores conocidos:

$$Q = 4\mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-6}\text{C} \quad r_A = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$$

$$Q = 4\mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-6}\text{C} \quad r_B = 40\text{cm} = 0,4\text{m}$$

$$V_A = 9 \cdot 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \frac{4 \cdot 10^{-6}\text{C}}{2 \cdot 10^{-1}\text{m}}$$

$$V_B = 9 \cdot 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \frac{4 \cdot 10^{-6}\text{C}}{4 \cdot 10^{-1}\text{m}}$$

$$V_A = 18 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$V_B = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

Diferencia de Potencial:  $\Delta V = V_{\text{partida}} - V_{\text{llegada}} = V_A - V_B$

$$\Delta V = 18 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}} - 9 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$\Delta V = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$\Delta V = 9 \cdot 10^4 \text{V}$$

Entre A y B hay una diferencia de potencial de  $9 \cdot 10^4 \text{V}$

Para hallar el trabajo despejamos de la 4ta fórmula W:

$$\Delta V = \frac{W}{q} \longrightarrow W = q \cdot \Delta V$$

Sustituimos los valores conocidos:

$$\Delta V = 9 \cdot 10^4 \text{V} \quad q = 9\text{nC} = 9 \cdot 10^{-9}\text{C}$$

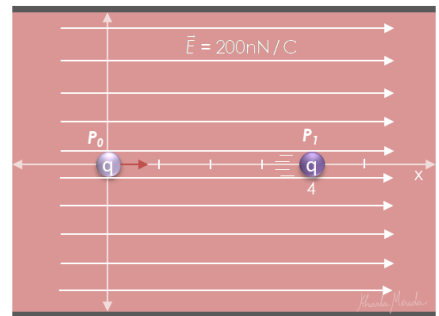
$$W = 9 \cdot 10^{-9}\text{C} \cdot 9 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$W = 81 \cdot 10^{-5} \text{J}$$

## ▶ ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico. Ejercicios 4

**E4:** En un campo eléctrico uniforme de  $200 \text{ N/C}$  y dirigido en  $x$ , se deja en libertad una carga puntual  $q = 3\mu\text{C}$ , inicialmente en reposo, en el origen.

- ¿Cuál es la energía cinética de la carga cuando esté en  $x = 4 \text{ m}$ ?
- ¿Cuál es la variación de energía potencial de la carga de  $x = 0$  a  $x = 4\text{m}$ ?
- ¿Cuál es la diferencia de potencial  $V(4\text{m}) - V(0)$ ?



Interpretamos el enunciado para extraer los datos.

**Datos**

En un campo eléctrico uniforme de  $200 \text{ N/C}$  y dirigido en  $x$ . Esto nos da el módulo y dirección del campo eléctrico:

$\vec{E} = 200 \text{ nN/C}$   
dirigido en  $x$

**se deja en libertad una carga puntual  $q = 3\mu\text{C}$ .** Valor de la carga de prueba.

$$q = 3\mu\text{C}$$

**inicialmente en reposo, en el origen.** Energía cinética inicial y punto de partida.

$$E_{c_0} = 0, \quad P_0(0, 0)$$

**¿Cuál es la energía cinética de la carga en  $x = 4\text{m}$ ?** Primera incógnita,  $E_{c_1}$

$$E_{c_1} = ?$$

**¿Cuál es la variación de energía potencial  $U(4\text{m}) - U(0\text{m})$ ?** Segunda incógnita,  $U(4\text{m}) - U(0\text{m})$ .

$$U(4\text{m}) - U(0\text{m}) = ?$$

**¿Cuál es la diferencia de potencial  $V(4\text{m}) - V(0)$ ?** Tercera incógnita,  $V(4\text{m}) - V(0)$ .

$$V(4\text{m}) - V(0) = ?$$

Organizaremos el proceso por incógnita, presentando las fórmulas necesarias en cada una, incluyendo las aprendidas en niveles u objetivos anteriores.

## 1ra Incógnita

### Fórmulas y estrategia

#### Intensidad de Campo Eléctrico sobre una Carga

Despejando  $F$  hallamos el valor de la fuerza eléctrica que actúa sobre  $q$  provocando su desplazamiento.

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

#### Definición de Trabajo:

Con el módulo del desplazamiento hallamos el trabajo realizado por el campo eléctrico.

$$W = F \cdot d$$

#### Relación Trabajo-Energía Cinética:

Como no hay fuerzas externas actuando sobre  $q$ , se cumple que la variación de la energía cinética es igual al trabajo realizado por el campo eléctrico, con  $E_{c_i} = 0$ .

$$W = \Delta E_c$$

$$E_{c_f} - E_{c_i} = W$$

$$E_{c_f} = W$$

### Hallando $F$

Sustituimos valores conocidos en la fórmula de intensidad de campo eléctrico despejada para  $F$ .

$$F = E \cdot q$$

$$F = 200\text{n} \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{C}$$

Simplificando unidades y efectuamos los cálculos

$$F = 6 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

### Hallando $W$

Sustituimos valores conocidos en la fórmula de  $W$ .

$$W = F \cdot d$$

efectuamos los cálculos y obtenemos  $W$ .

$$W = 6 \cdot 10^{-4} \text{N} \cdot 4\text{m}$$

$$W = 24 \cdot 10^{-4} \text{N} \cdot \text{m}$$

**Hallando Ecf**

Sustituimos W en la relación de trabajo y energía.

efectuamos los cálculos y obtenemos W.

$$E_{cf} = W$$

$$E_{cf} = 24 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

**2da Incógnita**

Sabemos que:

- Diferencia de energía potencial eléctrica es:  $\Delta U = U_i - U_f$ ,
- $U_i = U(0m)$  y  $U_f = U(4m)$

Entonces:  $\Delta U = U_i - U_f$

$$\Delta U = U(0m) - U(4m)$$

Multiplicando ambos lados de la igualdad por -1

$$-\Delta U = U(4m) - U(0m)$$

Ordenando:

$$U(4m) - U(0m) = -\Delta U$$

También Sabemos que:  $\Delta U = W$

$$U(4m) - U(0m) = -W$$

Sustituimos  $W = 24 \cdot 10^{-4} \text{ J}$  en la ecuación.

$$U(4m) - U(0m) = -24 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

**3ra Incógnita**

Diferencia de Potencial  $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$

$$\Delta V = \frac{-24 \cdot 10^{-4} \text{ J}}{3 \cdot 10^{-6} \text{ C}}$$

$$\Delta V = -8 \cdot 10^2 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

## Emparejando el Lenguaje

**Energía Potencial Eléctrica.** Capacidad para realizar un desplazamiento dentro de un campo eléctrico a causa de las fuerzas eléctricas en él.

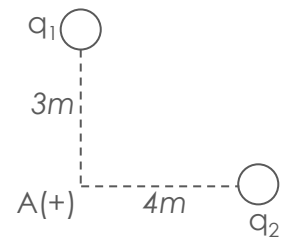
**Potencial Eléctrico,  $V$ .** Energía Potencial Eléctrica por unidad de carga.

**Diferencia de Potencial.** Es el trabajo,  $W$ , realizado por un agente externo por unidad de carga para desplazar una carga,  $q$ , entre dos puntos de un campo eléctrico.

**Superficies Equipotenciales.** Son superficies formadas por puntos con igual potencial eléctrico.

## A Practicar

1. Cuánto vale el potencial eléctrico en un punto situado a 25cm de un conductor cuya carga es de + 3 nC.
2. Una carga  $q_1 = 2\mu\text{C}$  está ubicada en el origen.
  - a. ¿Cuál es el potencial eléctrico  $V$  en un punto a 4m del origen?
  - b. ¿Cuál es la energía potencial cuando se coloca una carga  $q_2 = +3\mu\text{C}$  en  $r = 4\text{m}$ ?
  - c. ¿Cuánto trabajo debe ser realizado por un agente exterior para llevar la carga  $q_2$  desde el infinito hasta  $r = 4\text{m}$ , considerando que  $q_1$  se mantiene fija en el origen?
  - d. ¿Cuánto trabajo debe ser realizado por un agente exterior para llevar la carga  $q_1$  desde el infinito hasta el origen si  $q_2$  se mantiene fija en  $r = 4\text{m}$ ?
3. Dos cargas puntuales  $q_1 = +2 \cdot 10^{-9}\text{C}$  y  $q_2 = -25 \cdot 10^{-9}\text{C}$  se encuentran situadas en los vértices del triángulo rectángulo (ver figura). Hallar: a) La intensidad del campo eléctrico en el vértice A b) El potencial en el vértice A.



### Preguntas de análisis

1. ¿A dónde tienden a moverse las cargas positivas colocadas en libertad dentro de un campo eléctrico?
2. ¿A dónde tienden a moverse las cargas negativas colocadas en libertad dentro de un campo eléctrico?
3. ¿Qué forma tienen las superficies equipotenciales de un campo eléctrico creado por una carga puntual?

**Lo Hicimos Bien**

1. 108 V
2.
  - a.  $4,5 \cdot 10^3$  V
  - b.  $U = 13,5 \cdot 10^{-3}$  J
  - c.  $W = -13,5 \cdot 10^{-3}$  J (el trabajo realizado por un agente externo va en contra del campo y es negativo)
  - d. Esta situación es equivalente a la situación de la pregunta anterior.  
 $W = -13,5 \cdot 10^{-3}$  J
3. 16,17 N/C, b) 62,25 V.

**Respuestas de Preguntas de análisis**

1. Las cargas positivas dentro de un campo eléctrico tienden a moverse en el sentido en el que decrecen los potenciales.
2. Las cargas negativas dentro de un campo eléctrico tienden a moverse en el sentido en el que aumentan los potenciales.
3. Como  $V = k \cdot q / r$ , para valores de  $r$  iguales tenemos potenciales iguales. Esto ocurre cuando la superficie es una esfera.