

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11

Wilfrido Massieu Pérez

GUÍA DE ESTUDIO

FÍSICA III

PROF. ING. JOSÉ ANTONIO SAN MARTÍN

Prof. Ing. José Antonio San Martín

Competencia general

El alumno verifica las leyes y principios de la electricidad estableciendo experimentos con una interrelación entre su entorno natural, científico y tecnológico.

Con esta Guía el alumno describe la importancia de la estructura atómica y la de los modelos atómicos.

Utiliza modelos matemáticos para cumplir con las leyes de Coulomb, de Gauss, de Ohm y de Kirchhoff, así como los conceptos de campo y potencial eléctrico y energía potencial para la solución de problemas relacionados con la interacción eléctrica de los cuerpos.

Reconoce la constitución de un capacitor y de un resistor, el comportamiento de los elementos que los conforman y cómo influyen en su capacidad electrostática. Así mismo, adquiere el aprendizaje del uso de ellos en agrupamientos conectados en serie, en paralelo y mixtos.

Como primera competencia particular de ésta unidad, el alumno aplica los fundamentos de la Electrostática en la solución de problemas en situaciones académicas y en su entorno.

El primer Resultado de Aprendizaje que el alumno obtiene, es el hecho que explica y entiende la electrización a nivel atómico, basándose en los modelos atómicos de Bohr, Thompson, Dalton y Rutherford y en los métodos correspondientes en situaciones académicas y en su entorno social.

El segundo Resultado de Aprendizaje es la aplicación de los principios y leyes de la Electrostática en la solución de problemas en situaciones académicas y tecnológicas así como en el ámbito social y cotidiano.

Contenido

ELECTROSTÁTICA

- * Ley de Coulomb
- * Campo eléctrico
- * Potencial eléctrico
- * Energía potencial eléctrica

ELECTROSTÁTICA

LEY DE COULOMB DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS

“La fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas eléctricas, es directamente proporcional al producto del valor de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa”

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

F= Fuerza de atracción o repulsión en, **N**

Q₁ y Q₂ = Cargas eléctricas en, **C**

r = Distancia de separación entre las cargas en, **m**

K = Constante de proporcionalidad = **9 x 10⁹ Nm²/C²**

NOTA.- Para el cálculo de la fuerza **NO** se toma en cuenta el signo de la carga; este es físico, solo nos indica cuando la carga es negativa o positiva

Siempre se aplicará la **Ley de las Cargas Eléctricas** para determinar si es de atracción o repulsión.

“Cargas de signos iguales se repelen”

“Cargas de signos contrarios se atraen”

COEFICIENTE DIELECTRICO PARA EL AIRE O VACÍO “ E_0 ”

$$E_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

CONSTANTE DE PROPORCIONALIDAD “K”

$$K = \frac{1}{4\pi E_0} = \frac{1}{(4)(3.1416)(8.85418 \times 10^{-12})} = 898753870 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

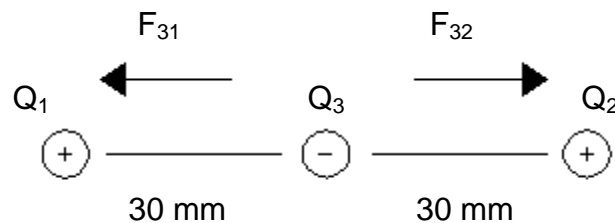
$$K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

1 Coul = 6.24×10^{18} electrones o protones

	CARGA ELÉCTRICA	MASA
PROTÓN	+ 1.6×10^{-19} Coul.	1.67×10^{-27} Kg.
ELECTRÓN	- 1.6×10^{-19} Coul.	9.1×10^{-31} Kg.

Nota: El signo de la carga es físico, únicamente distingue al electrón del protón.

PROB 1.- Una carga Q_1 de 60 nC se coloca a 60 mm a la izquierda de una carga Q_2 de 20 nC ¿Cuál es la fuerza resultante sobre una carga Q_3 de -35 nC colocada en el punto medio entre las dos cargas?

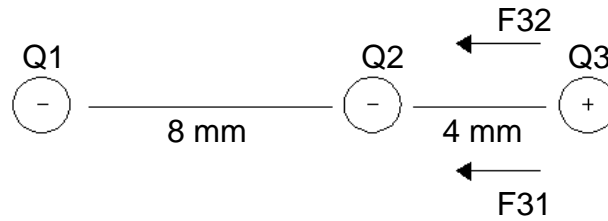


$$F_{31} = K \frac{Q_3 Q_1}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(35 \times 10^{-9})(60 \times 10^{-9})}{(30 \times 10^{-3})^2} = 21 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{32} = K \frac{Q_3 Q_2}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(35 \times 10^{-9})(20 \times 10^{-9})}{(30 \times 10^{-3})^2} = 7 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = \vec{F} = -F_{31} + F_{32} = -21 \times 10^{-3} + 7 \times 10^{-3} = -14 \times 10^{-3} \text{ N ó } -14 \text{ mN Atracción}$$

PROB 2.- Una carga puntual $Q_1 = -36 \text{ mC}$ se coloca 8 mm a la izquierda de una segunda carga puntual $Q_2 = -22 \text{ mC}$ ¿Qué fuerza se ejerce sobre una tercera carga de 10 mC colocada 4 mm a la derecha de Q_2 ?

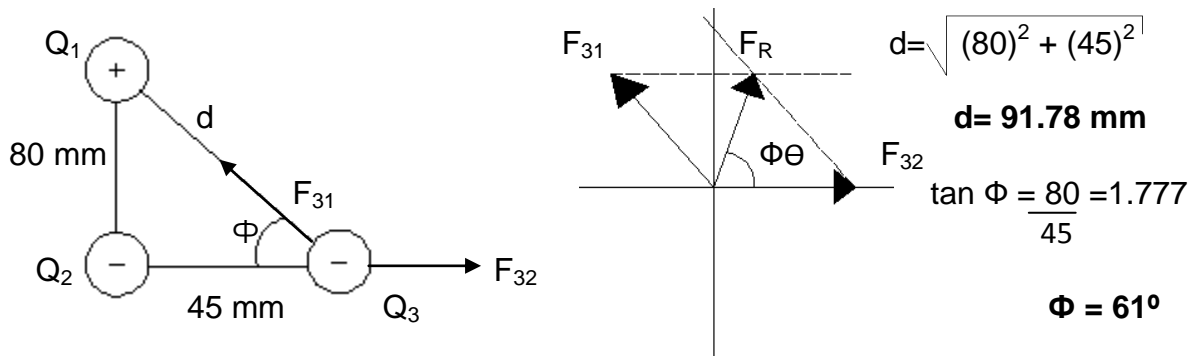


$$F_{31} = K \frac{Q_3 Q_1}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9) (10 \times 10^{-3}) (36 \times 10^{-3})}{(12 \times 10^{-3})^2} = 22.5 \times 10^9 \text{ N}$$

$$F_{32} = K \frac{Q_3 Q_2}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9) (10 \times 10^{-3}) (22 \times 10^{-3})}{(4 \times 10^{-3})^2} = 123.75 \times 10^9 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = -\vec{F}_{31} - \vec{F}_{32} = -22.5 \times 10^9 - 123.75 \times 10^9 = -145.25 \text{ N Atracción}$$

PROB 3.- Una carga $Q_1 = 60 \mu\text{C}$ se localiza 80 mm arriba de una carga $Q_2 = -40 \mu\text{C}$. Determinar la fuerza resultante y su dirección sobre una carga $Q_3 = -50 \mu\text{C}$ colocada 45 mm a la derecha de la carga de $-40 \mu\text{C}$ en dirección horizontal.



$$F_{31} = K \frac{Q_3 Q_1}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9) (50 \times 10^{-6}) (60 \times 10^{-6})}{(91.78 \times 10^{-3})^2} = 3205 \text{ N a } 119^\circ$$

$$F_{32} = K \frac{Q_3 Q_2}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9) (50 \times 10^{-6}) (40 \times 10^{-6})}{(45 \times 10^{-3})^2} = 8888 \text{ N a } 0^\circ$$

$$\sum F_x = F_{31} \cos 119^\circ + F_{32} \cos 0^\circ = (3205) (-0.484) + (8888) (1) = \mathbf{7337 \text{ N}}$$

$$\sum F_y = F_{31} \sin 119^\circ + F_{32} \sin 0^\circ = (3205) (0.874) = \mathbf{2801 \text{ N}}$$

$$\sum F_R = \sqrt{\sum F_x^2 + \sum F_y^2} = \sqrt{(7337)^2 + (2801)^2} \quad \mathbf{F_R = 7835 \text{ N}}$$

$$\tan \theta = \frac{\sum F_y}{\sum F_x} = \frac{2801}{7337} = 0.381 \quad \theta = \tan^{-1} 0.381 \quad \mathbf{\theta = 21^\circ}$$

PROB 4.- Dos cargas puntuales de $-3\mu\text{C}$ y $4\mu\text{C}$ están separadas 4 cm en el aire. Determinar la fuerza eléctrica resultante.

$$\mathbf{F = 67.5 \text{ N}}$$

PROB 5.- Se tienen dos cargas eléctricas $Q_1 = 5\mu\text{C}$ y $Q_2 = -7\mu\text{C}$, si la fuerza de repulsión entre ellas es de 200 N ¿Cuál será la distancia que las separa?

$$\mathbf{r = 39 \text{ mm}}$$

PROB 6.- Dos cargas idénticas separadas 30 mm son sujetadas a una fuerza de repulsión de 980 N. ¿Cuál es la magnitud de cada carga?

$$\mathbf{q = 9.89 \mu\text{C}}$$

PROB 7.- Supóngase que el radio de la órbita del electrón en torno del protón en un átomo de hidrógeno, es de 5.2×10^{-11} m aproximadamente. ¿Cuál es la fuerza electrostática de atracción?

$$\mathbf{F = 85.2 \text{ n N}}$$

PROB 8.- Una carga de $64\mu\text{C}$ esta colocada 30 mm a la izquierda de una carga de $16\mu\text{C}$. Determinar la fuerza resultante y su dirección sobre una carga de $-12\mu\text{C}$ localizada a 50 mm debajo de la carga de $16\mu\text{C}$.

$$\mathbf{F_R = 2.63 \text{ m N} \text{ a } 115^\circ}$$

PROB 9.- Calcular la fuerza resultante y su dirección sobre una carga de $2\mu\text{C}$ localizada a 60 mm de distancia arriba del punto medio de cada una de dos cargas de $-4\mu\text{C}$ separadas entre si 80 mm en el aire.

$$\mathbf{F_R = 22.36 \text{ N} \text{ a } 270^\circ}$$

PROB 10.- Cuatro cargas puntuales eléctricas de $20 \mu\text{C}$ se colocan en las esquinas de un cuadrado de 6 cm en cada lado. Demostrar que la fuerza resultante en cada carga es de **1914 N**

$$F_R = 1914 \text{ N}$$

CAMPO ELÉCTRICO

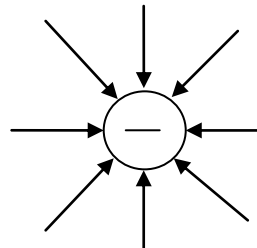
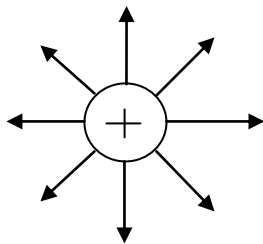
“Es una propiedad asignada al espacio que rodea a un cuerpo cargado eléctricamente”

También podemos decir que la intensidad de campo eléctrico es la fuerza por unidad de carga

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

E = Intensidad del campo eléctrico en, **N / C**
 F = Fuerza que actúa sobre la carga en, **N**
 q = Carga eléctrica en, **C**

La intensidad de campo eléctrico es una magnitud vectorial dado que tiene dirección y sentido



La dirección de un campo eléctrico de un cuerpo con carga positiva es hacia afuera del campo. De uno con carga negativa es hacia adentro, tal como se observa en las figuras.

Si una carga de prueba “ q ” se coloca en el campo eléctrico de un cuerpo, experimentará una fuerza “ F ” dada por la siguiente ecuación:

$$F = q E$$

F = fuerza de atracción o repulsión en, **N**
 q = carga eléctrica en, **Coul**
 E = campo eléctrico en, **N / C**

Considerando la carga "Q" que crea el campo eléctrico podremos decir que la magnitud del campo se hace más pequeña a medida que aumenta la distancia de la carga en una relación inversa al cuadrado. Por lo tanto:

$$E = \frac{K Q}{r^2}$$

K = Constante dieléctrica en **Nm²/C²**

Q = Carga del campo eléctrico en **C**

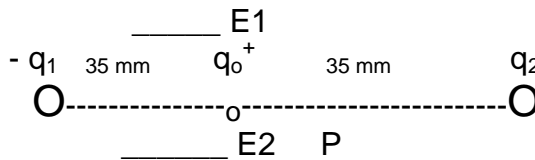
r = Distancia de un punto en el campo eléctrico y el centro de la carga en **m**

Como ya sabemos, el campo eléctrico se considera una magnitud vectorial, entonces, cuando más de una carga interviene en el campo eléctrico la resultante será la suma vectorial de cada carga.

$$E = \sum \frac{K Q}{r^2}$$

PROB 1.- Calcular la intensidad de campo eléctrico en un punto medio de la distancia de separación de 70 mm que tienen dos cargas de -60 μC y 40 μC.

r = 70 mm
 q₁ = -60 μC
 q₂ = 40 μC



$$E_1 = \frac{Kq_1}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9) (60 \times 10^{-6})}{(35 \times 10^{-3})^2} = 440.81 \text{ N/C}$$

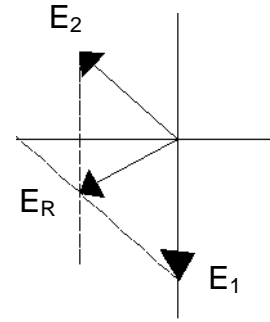
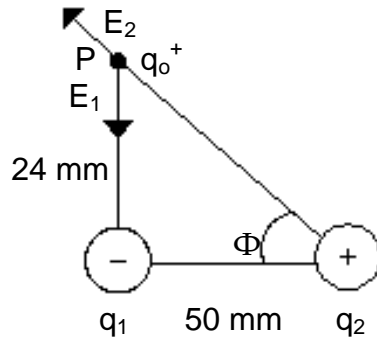
$$E_2 = \frac{Kq_2}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9) (40 \times 10^{-6})}{(35 \times 10^{-3})^2} = 293.87 \text{ N/C}$$

$\vec{E}_R \leftarrow \vec{E}$ Por lo tanto $E_R = - 440.81 - 293.87 = -734.68 \text{ N/C}$

El signo menos indica la resultante hacia la izquierda

PROB 2.- Una carga de $-20 \mu\text{C}$ se coloca 50 mm a la derecha de una carga de $49 \mu\text{C}$. Calcular la intensidad de campo eléctrico resultante y su dirección en un punto a 24 mm arriba de la carga de $-20 \mu\text{C}$.

$$\begin{aligned} q_1 &= -20 \mu\text{C} \\ q_2 &= 49 \mu\text{C} \\ q_3 &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$d = \sqrt{(24)^2 + (50)^2}$$

$$d = 55.46 \text{ mm}$$

$$\tan \Phi = \frac{24}{50} = 0.48$$

$$\Phi = 26^\circ$$

$$E_1 = \frac{Kq_1}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(20 \times 10^{-6})}{(24 \times 10^{-3})^2} = 312.5 \times 10^6 \text{ N/C a } 270^\circ$$

$$E_2 = \frac{Kq_2}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(49 \times 10^{-6})}{(55.46 \times 10^{-3})^2} = 143.37 \times 10^6 \text{ N/C a } 154^\circ$$

$$\sum E_x = E_1 \cos 270^\circ + E_2 \cos 154^\circ = (143.37 \times 10^6)(-0.898) = -128.74 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$\sum E_y = E_1 \sin 270^\circ + E_2 \sin 154^\circ = (312.5 \times 10^6)(-1) + (143.37 \times 10^6)(0.438) = 249.7 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_R = \sqrt{\sum E_x^2 + \sum E_y^2} = \sqrt{(-128.74)^2 + (249.7)^2} = 280.9 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$\tan \theta = \frac{\sum E_y}{\sum E_x} = \frac{249.7}{-128.74} = -1.939 \Rightarrow \theta = 180^\circ + 63^\circ = 243^\circ$$

PROB 3.- Una carga de $2 \mu\text{C}$ colocada en un punto "P" en un campo eléctrico experimenta una fuerza de $8 \times 10^{-4} \text{ N}$. Determinar el campo eléctrico en ese punto.

$$E = 400 \text{ N/C}$$

PROB 4.- En un punto determinado, la intensidad de campo eléctrico es de $4 \times 10^{-3} \text{ N/C}$ en dirección al este. Una carga desconocida recibe una fuerza de $5 \times 10^{-6} \text{ N}$ hacia el oeste. Calcular el valor de la carga.

$$q = 1.25 \text{ m Coul}$$

PROB 5.- Calcular la intensidad de campo eléctrico en un punto "P" localizado 6 mm a la izquierda de una carga de 8 nC. Asimismo, determinar la magnitud y dirección de la fuerza de una carga de -2 nC colocada en un punto "P".

$$E = 2 \times 10^{-6} \text{ N/C}$$

$$F = 4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

PROB 6.- Determinar la intensidad de campo eléctrico en un punto colocado a 3 cm a la derecha de una carga de 16 nC y 4 cm a la izquierda de una carga de -9 nC .

$$E_R = 109.38 \times 10^3 \text{ N/C}$$

PROB 7.- Una carga q_1 de $20 \mu\text{C}$ este 4 cm arriba de una carga desconocida q_2 . La intensidad de campo eléctrico en un punto situado 2 cm arriba de q_1 es de $2.20 \times 10^9 \text{ N/C}$ con dirección hacia arriba. ¿Cuáles son la magnitud y el signo de q_2 ?

$$q_2 = 486 \mu\text{C}$$

PROB 8.- Dos cargas puntuales de $9 \mu\text{C}$ y $-2 \mu\text{C}$ están separadas 50 mm. Determinar la intensidad de campo eléctrico en un punto localizado 30 mm directamente arriba de la carga de $-2 \mu\text{C}$

$$E_R = 23.82 \times 10^6 \text{ N/C}$$

PROB 9.- Dos cargas puntuales negativas de -7 mC y -12 mC están separadas 12 mm ¿Qué intensidad de campo eléctrico se genera en un punto "A" situado a 4 mm de la carga -7 mC y en un punto "B" localizado a 3 mm exactamente arriba del punto "A"?

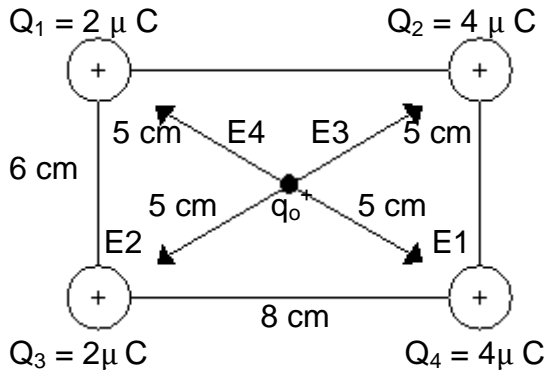
$$E_{RA} = -2.25 \times 10^{12} \text{ N/C} \quad \text{A la izquierda}$$

$$E_{RB} = 2.13 \times 10^{12} \text{ N/C} \quad \text{a } 253^\circ$$

PROB 10.- Dos cargas de 12 nC y 18 nC están separadas por una distancia horizontal de 28 mm ¿Cuál es la intensidad de campo eléctrico resultante en un punto equidistante de 20 mm de longitud localizado arriba de la horizontal que une a las cargas?

$$E_R = 503.96 \times 10^3 \text{ N/C} \quad \text{a } 106^\circ$$

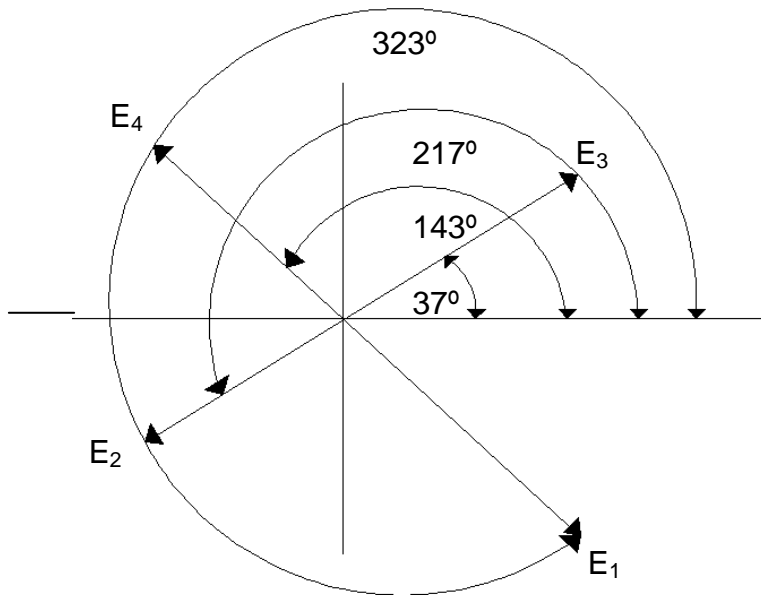
PROB 11.- Determinar el campo eléctrico en el centro de la figura.



$$E = \frac{KQ}{r^2}$$

$$E_1 = E_3$$

$$E_2 = E_4$$



$$d = \sqrt{(6)^2 + (8)^2}$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$\tan \Phi = \frac{6}{8} = 0.75$$

$$\Phi = 37^\circ$$

$$E_{1-3} = \frac{KQ}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})}{(5 \times 10^{-2})^2} = 7.2 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_{2-4} = \frac{KQ}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(4 \times 10^{-6})}{(5 \times 10^{-2})^2} = 14.4 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$\begin{aligned} \sum E_x &= E_1 \cos 323^\circ + E_2 \cos 217^\circ + E_3 \cos 37^\circ + E_4 \cos 143^\circ \\ &= (7.12 \times 10^6)(0.798) + (14.4 \times 10^6)(-0.798) + (7.2 \times 10^6)(0.798) + (14.4 \times 10^6) \\ &\quad (-0.798) = -11.49 \times 10^6 \text{ N/C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum E_y &= E_1 \sin 323^\circ + E_2 \sin 217^\circ + E_3 \sin 37^\circ + E_4 \sin 143^\circ \\ &= (7.12 \times 10^6)(-0.601) + (14.4 \times 10^6)(-0.601) + (7.2 \times 10^6)(0.601) + (14.4 \times 10^6) \\ &\quad (0.601) = 0 \end{aligned}$$

$$\therefore \sum E_R = 11.49 \times 10^6 \text{ N/C}$$

ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA

“Es el trabajo necesario que realiza un agente externo para atraer las cargas eléctricas una a una desde el infinito”

$$E_p = \frac{K q Q}{r}$$

E_p = Energía potencial en, **J**

K = Constante dieléctrica = $9 \times 10^9 \text{ C}^2/\text{Nm}^2$

q y **Q** = Cargas eléctricas en, **C**

r = Distancia entre las cargas en, **m**

Siempre que una carga positiva se mueve en contra del campo eléctrico, la energía potencial aumenta, cuando es una carga negativa disminuye. Sin embargo, el trabajo siempre es el mismo que la energía potencial.

$$W = \frac{KqQ}{r}$$

La energía potencial se almacena cuando dos cargas eléctricas con signo contrario se alejan y/o cuando dos cargas del mismo signo se acercan. Se pierde cuando dos cargas de signo contrario se acercan y/o cuando dos cargas del mismo signo se alejan

PROB 1.- Determinar la energía potencial de una carga de 6 nC localizada a 50 mm de otra carga de 80 μC .

$q = 6 \text{ nC}$

$Q = 80 \mu\text{C}$

$r = 50 \text{ mm}$

$$E_p = \frac{KqQ}{r} = \frac{(9 \times 10^9) (6 \times 10^{-9}) (80 \times 10^{-6})}{(50 \times 10^{-3})}$$

$$E_p = 86.4 \text{ mJ}$$

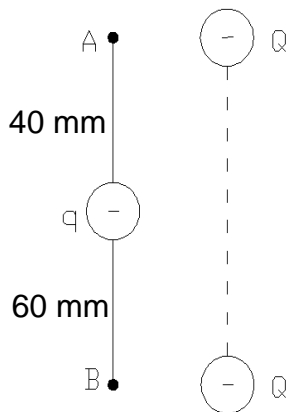
PROB 2.- El punto “A” está 40 mm arriba de una carga de $-9 \mu\text{C}$ y el punto de “B” se localiza 60 mm debajo de la misma carga. Una carga de -3 nC se traslada desde el punto “B” hasta el punto “A”. ¿Cuál es el cambio registrado en la energía potencial?

$r_A = 40 \text{ mm}$

$q = -9 \mu\text{C}$

$r_B = 60 \text{ mm}$

$Q = -3 \text{ nC}$



$$E_{pA} = \frac{kqQ}{r_A} = \frac{(9 \times 10^9) (9 \times 10^{-6}) (3 \times 10^{-9})}{40 \times 10^{-3}}$$

$$E_{pA} = 0.07 \times 10^{-3} \text{ J}$$

$$E_{pB} = \frac{kqQ}{r_B} = \frac{(9 \times 10^9) (9 \times 10^{-6}) (3 \times 10^{-9})}{60 \times 10^{-3}}$$

$$E_{pB} = 4.05 \times 10^{-3} \text{ J}$$

$$\Delta E_p = E_{pA} - E_{pB} = (6.07 \times 10^{-3}) - (4.05 \times 10^{-3}) = 2.02 \text{ mJ}$$

PROB 3.- ¿A qué distancia de una carga de -7 mC y otra carga de -3 nC tendrá una energía potencial de 60 mJ? ¿Qué fuerza inicial experimentará la carga de -3nC?

q= -7 mC
Q= -3 nC
Ep= 60 mJ

$$E_p = \frac{KqQ}{r} \quad r = \frac{KqQ}{E_p} = \frac{(9 \times 10^9) (7 \times 10^{-6}) (3 \times 10^{-9})}{60 \times 10^{-3}}$$

$$r = 3.15 \text{ m m}$$

$$F = \frac{KqQ}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9) (7 \times 10^{-6}) (3 \times 10^{-9})}{(3.15 \times 10^{-3})^2}$$

$$F = 19.04 \text{ N}$$

Otro procedimiento:

$$F = \frac{E_p}{r} = \frac{60 \times 10^{-3}}{3.15 \times 10^{-3}}$$

$$F = 19.04 \text{ N}$$

PROB 4.- Una carga de 6 μC se encuentra a 30 mm de otra carga de 16 μC. Determinar:

- La energía potencial del sistema
- La energía potencial si la carga de 6 μC se coloca a 5 mm de la otra carga
- La variación de la energía potencial

$$a) = 28.8 \text{ J}$$

$$b) E_p = 172.8 \text{ J}$$

$$c) E_p = 144 \text{ J}$$

Se incrementa

PROB 5.- ¿Qué cambio se registra en la energía potencial cuando una carga de -3 nC que está a 8 cm de distancia de una carga de -6 μC se coloca a 20 mm de distancia? ¿Hay decremento de energía potencial?

$$\Delta E_p = 6.08 \text{ m J} \quad \text{se incrementa}$$

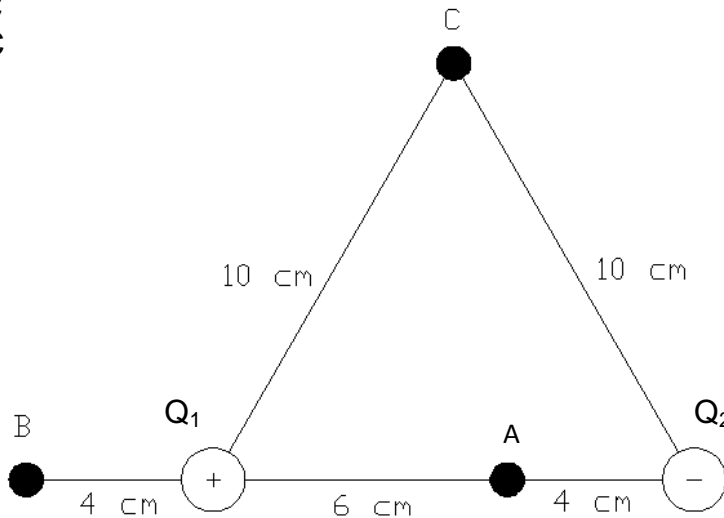
PROB 6.- ¿A qué distancia de una carga de -7 pC se debe colocar una carga de -12 pC para que la energía potencial tenga un valor de 9×10^{-12} J?

$$r = 8.4 \text{ mm}$$

PROB 7.- La energía potencial constituida por dos cargas idénticas es de 4.50mJ cuando la separación entre ellas es de 38 mm. Determinar la magnitud de las cargas
 $q = 137.84 \text{ n C}$

PROB 8.- Calcular la energía potencial y su variación, de una carga puntual $Q = 4 \text{ pC}$ situada en las puntos A, B y C de la figura.

$Q_1 = 12 \text{ pC}$
 $Q_2 = -12 \text{ pC}$



$\Delta E_p A = 3.6 \text{ p J}$

$\Delta E_p B = 7.72 \text{ p J}$

$\Delta E_p C = 0$

PROB 9.- Dos cargas eléctricas $Q_1 = 5 \mu\text{C}$ y $q_2 = 3 \mu\text{C}$, generan una energía potencial de $75 \times 10^{-2} \text{ J}$. Determinar:

- a) La distancia de separación de las cargas
- b) La fuerza que experimenta la carga q_2

a) $r = 18 \text{ cm}$

b) $F = 2.5 \text{ N}$

PROB 10.- Dos cargas eléctricas $Q_1 = 5 \text{ mC}$ y $q_2 = -7 \text{ mC}$ están separadas 15 mm en un plano horizontal. Un punto A se localiza exactamente arriba de Q_1 a 6 mm y un punto B se localiza abajo a 4 mm. Determinar:

- a) La energía potencial del sistema
- b) El campo eléctrico en A generado por q_2
- c) El campo eléctrico en B generado por q_2
- d) La fuerza eléctrica del sistema

a) $E_p = 21 \text{ M J}$ b) $E = 172.5 \times 10^3 \text{ N/C}$ c) $E = 261.5 \times 10^9 \text{ N/C}$ d) $F = 1.4 \times 10^9 \text{ N}$

POTENCIAL ELÉCTRICO

El potencial eléctrico es igual a la energía potencial por una unidad de carga en el infinito.

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

V = Potencial eléctrico en, **Volts**
E_p = Energía potencial en, **J**
Q = Carga eléctrica en, **C**

Ahora bien si la carga no esta en el infinito si no en un punto localizado, entonces tenemos que:

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

V = Potencial eléctrico en un punto del campo en, **Volts**
K = Constante de proporcionalidad eléctrica= $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
Q = Carga eléctrica en, **C**
r = Distancia del punto a la carga en, **m**

El trabajo realizado por la fuerza para trasladar una carga eléctrica “q” desde el infinito hasta el punto, es:

$$W = F d$$

La diferencia de potencial entre dos puntos localizados en el campo eléctrico es:

$$V = V_B - V_A$$

“A partir de este concepto de Potencial Eléctrico, ahora SI consideraremos el signo de las cargas”

PROB 1.- Determinar el potencial eléctrico en un punto que se encuentra a 6 cm de una carga de 8.40 μC y determinar la energía potencial de una carga de -2 nC colocada en el punto.

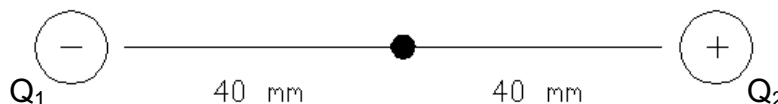
$$V = \frac{KQ}{r} = \frac{(9 \times 10^9) (8.40 \times 10^{-6})}{6 \times 10^{-2}} \quad \mathbf{V = 1.26 \text{ M volts}}$$

r= 6 cm
 Q= 8.40 μC
 q = -2nC

$$E_p = q V = (2 \times 10^{-9}) (1.26 \times 10^6) \quad \mathbf{E_p = 2.52 \text{ m J}}$$

PROB 2.- Determinar el potencial eléctrico en un punto medio de una recta que une a una carga de -12 μC con otra carga de 3 μC localizada a 80 mm de la primera.

Q₁= -12 μC
 Q₂= 3 μC
 r= 80 mm



$$V = \frac{KQ_1}{r_1} + \frac{KQ_2}{r_2} = \frac{(9 \times 10^9)(-12 \times 10^{-6})}{40 \times 10^{-3}} + \frac{(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-6})}{40 \times 10^{-3}} = -2.7 \times 10^6 + 0.675 \times 10^6$$

$$V = -2.027 \times 10^6 \text{ volts} \quad \text{ó} \quad -2.02 \text{ M volts}$$

PROB 3.- Una carga de 45 nC se encuentra 68 mm a la izquierda de una carga de -9 nC. Determinar el potencial eléctrico en un punto que se localiza 40 mm a la izquierda de la carga de -9 nC.

$$V = 12.44 \text{ K volts}$$

PROB 4.- Los puntos A y B se localizan a 68 y 26 mm de una carga de 90 μC . Determinar:

- El potencial eléctrico en cada uno de los puntos
- La diferencia de potencial entre los dos puntos

$$a) V_A = 11.91 \text{ M volts}$$

$$V_B = 31.15 \text{ M volts}$$

$$V = 19.24 \text{ M volts}$$

PROB 5.- Una carga de 6 μC se encuentra en $x=0$ sobre el eje de las x , y una carga de -2 μC se localiza en $x=8$ cm. Determinar el trabajo realizado para llevar una carga de -3 μC desde el punto $x=10$ cm hasta el punto $x=3$ cm.

$$W = 1.51 \text{ J}$$

PROB 6.- ¿A cuánta distancia de una carga puntual, el potencial eléctrico es de 400 N/C? Determinar la distancia a la carga y la magnitud de dicha carga.

$$r = 3 \text{ m}$$

$$Q = 400 \text{ nCoul}$$

PROB 7.- Los puntos A, B y C forman un triángulo equilátero de 10 cm por lado; en la base del triángulo (puntos A y B) se localizan dos cargas de 8 μC y -8 μC . Determinar:

- El potencial eléctrico en el vértice C.
- El potencial en un punto D a 2 cm a la izquierda de la carga de -8 μC .
- El trabajo que ha realizado el campo eléctrico al llevar una carga de 2 μC del punto C al punto D.

$$a) V_C = 0$$

$$b) V_D = -2.7 \text{ MV}$$

$$c) W = -5.4 \text{ J}$$

PROB 8.- Dos placas metálicas están separadas 30 mm y con cargas de signo contrario, de tal modo que se tiene un campo eléctrico constante de 6×10^4 N/C entre ellas. Determinar:

- La fuerza que se debe realizar en contra del campo eléctrico.
- El trabajo que realiza el campo eléctrico.
- La diferencia de potencial.
- La energía potencial cuando la carga "q" se desplaza de la placa positiva a la negativa.
- El potencial eléctrico generado por la carga "q"

a) $F = 24 \times 10^{-2} \text{ N}$

b) $W = 7.2 \text{ mJ}$

c) $V = 1.8 \text{ KV}$

d) $E_p = 7.2 \text{ MJ}$

e) $V = 1.8 \text{ KV}$

PROB 9.- Dos cargas puntuales $Q_1 = 6 \mu\text{C}$ y $Q_2 = -6 \mu\text{C}$ están separadas 12 cm, en un plano horizontal. A 4 centímetros a la derecha de Q_1 se localiza el punto "A". Exactamente arriba de "A" se sitúa otro punto "B" a 6 cm, y el punto "C" se encuentra a 4 cm a la derecha Q_2 . Calcular el potencial eléctrico en cada uno de los puntos

$V_A = 675 \text{ MV}$

$V_B = 208 \text{ MV}$

$V_C = -1.01 \text{ MV}$

PROB 10.- Se tiene un triángulo equilátero de 10 cm por lado. En el plano horizontal del triángulo se colocan en cada vértice unas cargas puntuales $Q_1 = 12 \mu\text{C}$ y $Q_2 = -12 \mu\text{C}$. En el vértice superior se localiza el punto C. A 4cm a la izquierda de Q_1 esta el punto A y a 6cm a la derecha el punto B. Determinar el potencial eléctrico en los tres puntos.

$V_A = 1.92 \text{ MV}$

$V_B = -9$

$V_C = 0$

ELECTRODINÁMICA

Con la segunda competencia particular, el alumno aplica los fundamentos de la Electrodinámica en la solución de problemas en situaciones académicas y en su entorno.

El primer Resultado de Aprendizaje explica la Electrodinámica en función del movimiento de las cargas eléctricas en situaciones académicas.

Con el segundo Resultado de Aprendizaje, el alumno aplica los principios y leyes de la Electrodinámica en la solución de problemas en situaciones académicas, tecnológicas y de la vida cotidiana.

Contenido

- * Capacitancia
- * Circuito de capacitores
- * Resistencia eléctrica
- * Circuito de resistores
- * Leyes de kirchhoff

CAPACITANCIA

La capacitancia de un conductor se define como la medida de su capacidad eléctrica para almacenar la carga eléctrica.

El potencial eléctrico que adquiere un conductor, es directamente proporcional a la carga eléctrica que recibe e inversamente proporcional a su capacitancia

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

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

$$Q = C V$$

CONCLUSIÓN: La capacitancia es la razón entre la carga y el voltaje

CAPACITOR O CONDENSADOR

Es un dispositivo eléctrico pasivo que consiste de dos placas conductoras, separadas por un dieléctrico que permite almacenar cargas eléctricas.

Si un capacitor de placas paralelas tiene como dieléctrico algún otro material diferente del aire, la ecuación con la que se calcula su capacitancia es:

$$C = \frac{K A E_0}{d}$$

C= Capacitancia del condensador en f

A= Área de las placas en m²

d= Distancia de separación entre las placas en m

E₀= Permitividad dieléctrica= $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$

k= Constante dieléctrica (para el aire igual a uno)

La constante dieléctrica es un número abstracto que para el aire o vacío es igual a uno. La podemos determinar con la siguiente igualdad:

$$K = \frac{V_0}{V} = \frac{E}{E_0} = \frac{C}{C_0}$$

V₀ y **E₀** = Voltaje y permitividad en el vacío

V y **E** = Voltaje y permitividad después del inserto

C₀ y **C** = Capacitancia en el aire y capacitancia con otro material

ENERGÍA POTENCIAL ALMACENADA

La energía potencial almacenada en un capacitor la calcularemos con cualquiera de las siguientes ecuaciones:

$$E_p = \frac{Q V}{2}$$

$$E_p = \frac{C V^2}{2}$$

$$E_p = \frac{Q^2}{2 C}$$

E_p= Energía potencial en, **J**
Q= Carga eléctrica en, **Coul**
C= Capacitancia en, **f**
V= Voltaje en, **Volts**

El trabajo realizado, es el producto de la carga por la diferencia de potencial y es equivalente a la energía potencial, por lo tanto, se calculará con las mismas ecuaciones.

PROB 1.- Una diferencia de potencial de 110 volts se aplica a través de las placas de un capacitor de placas paralelas. Si la carga en cada placa es de 1200μC, determinar la capacitancia del capacitor. _____

V=110 Volts
 Q=1200 μC

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{1200 \times 10^{-6}}{110} = 10.9 \mu\text{f}$$

PROB 2.- Las placas de un capacitor tienen un área de 0.34m² y una separación en el aire de 2mm, la diferencia de potencial entra las placas es de 200 volts .determinar:

- a) La capacidad del capacitor
- b) La intensidad el campo eléctrico entre las placas
- c) ¿Cuánta carga hay en cada placa?

A= 0.34m²
 d= 2mm
 V= 200 V

$$C = \frac{K E_0 A}{d} = \frac{(1)(8.85 \times 10^{-12})(34 \times 10^{-2})}{2 \times 10^{-3}} = 1.50 \times 10^{-9} \text{ f}$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{200}{2 \times 10^{-3}} = 100 \times 10^3 \text{ N/C}$$

$$Q = CV = (1.50 \times 10^{-9}) (200) = 300 \times 10^{-9} \text{ Coul}$$

PROB 3.- ¿Qué diferencia de potencial se requiere para almacenar una carga de $800\mu\text{Coul}$ en un capacitor de $40\mu\text{f}$?

$$V = 20 \text{ volts}$$

PROB 4.- Entre las placas de un capacitor de 5nf hay una separación de 0.3 mm de aire. Determinar la carga en cada placa si se tiene una diferencia de potencial de 400 V . ¿Cuál es el área de cada placa?

$$Q = 2\mu\text{coul} \quad A = 169.4\text{mm}^2$$

PROB 5.- Un capacitor cuyas placas tienen un área de 0.6cm^2 y una separación de 4 mm en el aire, tiene una diferencia de potencial de 300 volts . Determinar:

- a) La capacitancia con dieléctrico aire
- b) La capacitancia con dieléctrico mica ($k=5$)
- c) La intensidad de campo eléctrico para cada una

$$\text{a) } C = 0.132\text{pf} \quad \text{b) } C = 0.663\text{pf} \quad E = 75 \times 10^3 \text{ N/C}$$

PROB 6.- Las dos placas paralelas de un capacitor tienen una separación de 4mm y el área de cada una de ellas es de 0.3cm^2 , el dieléctrico es de vidrio ($k=7.5$) y el voltaje es de 800 volts . Determinar:

- a) La carga en cada placa
- b) La intensidad de campo eléctrico en las placas

$$\text{a) } Q = 53.12\text{pCoul} \quad \text{b) } E = 200 \times 10^3 \text{ N/C}$$

PROB 7.- Determinar la capacitancia de un capacitor de placas paralelas si el área de cada placa es de 0.8cm^2 . La separación entre las placas es de 4mm y el dieléctrico es de: a) Aire y b) Papel parafinado ($K=2$)

$$\text{a) } C = 0.177 \text{ pf} \quad \text{b) } C = 0.354 \text{ pf}$$

PROB 8.- Se desea fabricar un capacitor de placas paralelas de 2nf utilizando mica como dieléctrico ($k=5$), de modo que pueda soportar una diferencia de potencial máxima de 3kV . El campo eléctrico generado es de $200 \times 10^6 \text{ N/C}$. Calcular el área de las placas del capacitor

$$A = 6.77 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

PROB 9. Las placas de un capacitor tienen área de 4 cm y una separación de 2mm . Un dieléctrico ($k=4.3$) se coloca entre las placas y el capacitor se conecta a una batería de 100 volts ¿Cuánta energía se almacena en el capacitor?

$$E_p = 38 \text{ nJ}$$

PROB 10.- Un capacitor tiene una diferencia de potencial de 240 volts, placas con un área de 5 cm^2 y una separación entre ellas de 3 mm. Determinar:

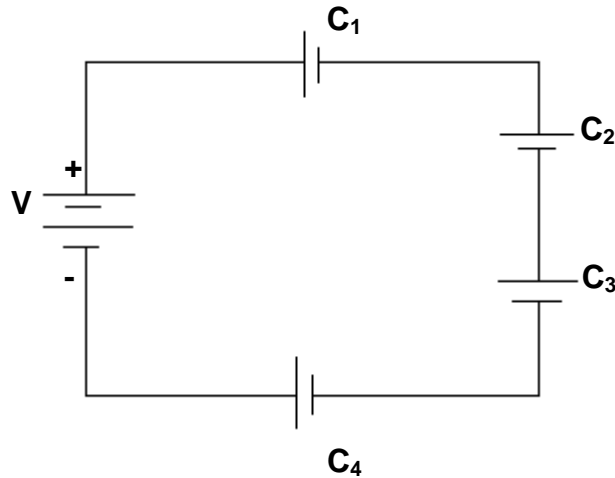
- a) La capacitancia
- b) El campo eléctrico entre las placas
- c) La carga en cada placa

a) $C = 1.47 \text{ pf}$

b) $E = 80 \times 10^3 \text{ N/C}$

c) $Q = 352.8 \text{ pC}$

CIRCUITOS DE CAPACITORES EN SERIE



CAPACITANCIA TOTAL: Es la inversa de las sumas de las inversas de las capacitancias parciales

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \dots + \frac{1}{C_n}} \quad (f)$$

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (f) \quad \text{Únicamente cuando se trate de dos y solamente dos capacitores}$$

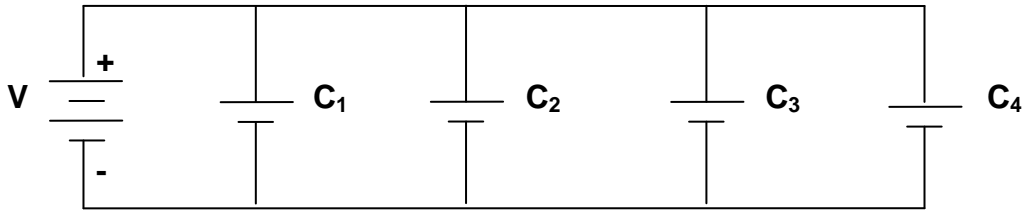
VOLTAJE TOTAL.- Es la suma de los voltajes parciales

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots + V_n \quad (\text{Volts})$$

CARGA TOTAL.- Es la misma en cada uno de los capacitores del circuito

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_n \quad (\text{Coul})$$

— CIRCUITO DE CAPACITORES EN PARALELO



Capacitancia Total.- Es la suma de las capacitancias parciales

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots + C_n \quad (f)$$

Voltaje Total.- Es el mismo en todo el circuito

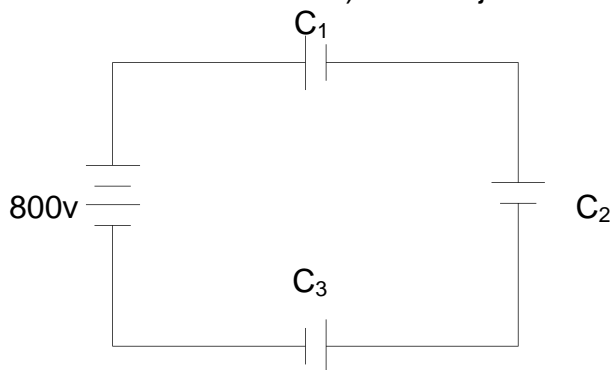
$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_n \quad (\text{volts})$$

Carga Total.- Es la suma de las cargas parciales

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots + Q_n \quad (\text{Coul})$$

PROB.1.- Tres capacitores $C_1=2\mu\text{f}$, $C_2=4\mu\text{f}$ y $C_3=6\mu\text{f}$ están conectados en serie a una fuente de 800 volts. Calcular.

- a) La capacitancia equivalente
- b) La carga total
- c) El voltaje en cada capacitor



$$a) \quad C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{1}{\frac{1}{2\mu} + \frac{1}{4\mu} + \frac{1}{6\mu}}$$

$$C_T = 10.9 \mu\text{f}$$

$$b) \quad Q_T = C_T V_T = (10.9 \mu) (800) \\ Q_T = 872 \mu \text{ Coul}$$

La carga es la misma en todo el circuito en serie, por lo tanto:

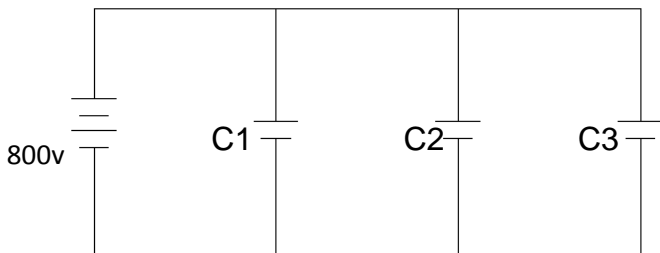
$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 872 \mu \text{ Coul}$$

$$c) \quad V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{872 \mu}{2 \mu} = 436 \text{ volts}$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{872 \mu}{4 \mu} = \mathbf{218 \text{ volts}}$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{872 \mu}{6 \mu} = \mathbf{145.3 \text{ volts}}$$

PROB.2.- Los mismos capacitores ahora se encuentran en paralelo. Calcular los incisos a), b) y c) del problema anterior



a) $C_T = C_1 + C_2 + C_3 =$
 $= 2\mu + 4\mu + 6\mu =$

$C_T = 12\mu f$

b) $Q_T = C_T V =$
 $= (12 \times 10^{-6}) (800) =$

$Q_T = 9600\mu \text{ Coul}$

El voltaje es el mismo en todo el circuito por estar en paralelo, por lo tanto:

c) **$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = 800 \text{ Volts}$**

PROB. 3.- Del siguiente circuito mixto de capacitores realizando circuitos equivalentes, Calcular:

a) Capacitancia total (C_T)

e) Voltajes parciales (V_N)

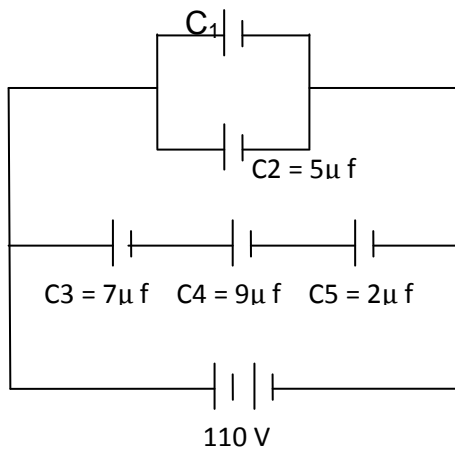
b) Carga total (Q_T)

f) Energía potencial total (E_{pT})

c) Cargas parciales (Q_n)

g) Energías potenciales parciales (E_{pN})

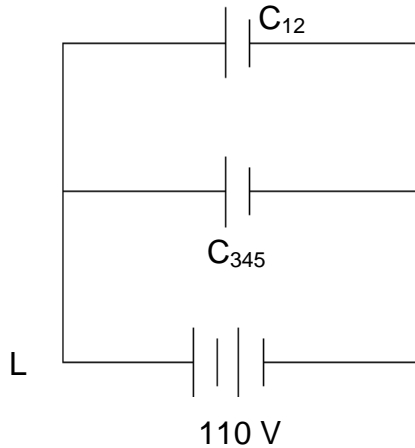
d) Voltaje total (V_T)



C_1 y C_2 están en paralelo:

$$C_1 + C_2 = 3\mu + 5\mu =$$

$C_{1,2} = 8\mu f$



C_3, C_4 y C_5 están en serie:

$$C_{345} = \frac{1}{\frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5}} = \frac{1}{\frac{1}{7\mu} + \frac{1}{9\mu} + \frac{1}{2\mu}} =$$

$$\mathbf{C_{3,4,5} = 1.32 \mu f}$$

$C_{1,2}$ Y $C_{3,4,5}$ están en paralelo,

a) La capacitancia total

$$C_T = C_{1,2} + C_{3,4,5} = 8\mu + 1.32\mu = 9.32\mu f$$

$$\mathbf{C_T = 9.32 \mu f}$$

b) La carga total, con respecto al circuito equivalente:

$$Q_T = C_T V_T = (9.32\mu) (110) =$$

$$\mathbf{Q_T = 1025.2 \mu C}$$

c) Las cargas parciales con respecto al circuito equivalente, que están en paralelo, recordando que en un circuito en paralelo el voltaje es el mismo en todo el circuito.

$$Q_{1,2} = C_{1,2} V = (8 \times 10^{-6}) (110) = \mathbf{880 \mu Coul}$$

$$Q_{3,4,5} = C_{3,4,5} V = (1.32 \times 10^{-6}) (110) = \mathbf{145.5 \mu Coul}$$

d) El voltaje total del circuito equivalente:

$$V_T = Q_T / C_T = 1025.2 \mu / 9.32 \mu =$$

$$\mathbf{V_T = 110 volts}$$

e) Los voltajes parciales del circuito. Como es un circuito en paralelo, el voltaje es el mismo, por lo tanto:

$$\mathbf{V_T = V_{12} = V_{345} = 110 volts}$$

f) La energía potencial total :

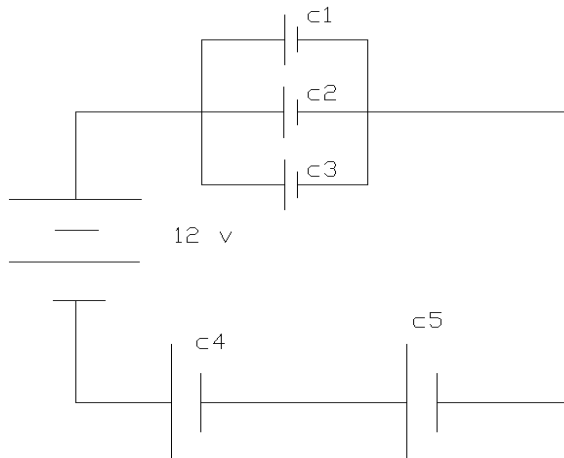
$$E_p = \frac{CV^2}{2} = \frac{(9.32\mu)(110)^2}{2} = 56386 \mu J = E_{PT} \quad \mathbf{E_{PT} = 56386 \mu J}$$

g) Las energías potenciales parciales:

$$E_p = (C_{12}) (V)^2 / 2 = (8\mu) (110)^2 / 2 = \mathbf{48400 \mu J}$$

$$E_p = (C_{345}) (V)^2 / 2 = (1.32\mu) (110)^2 / 2 = \mathbf{7986 \mu J}$$

PROB. 4.- .Del siguiente circuito de capacitores, calcular del inciso a) al g) del problema anterior, realizando circuitos equivalentes.



$$C_1=6\text{mf}$$

$$C_4=4\text{mf}$$

a) $C_T= 2.24 \text{ mf}$ Con este valor procedemos a calcular los demás incisos.

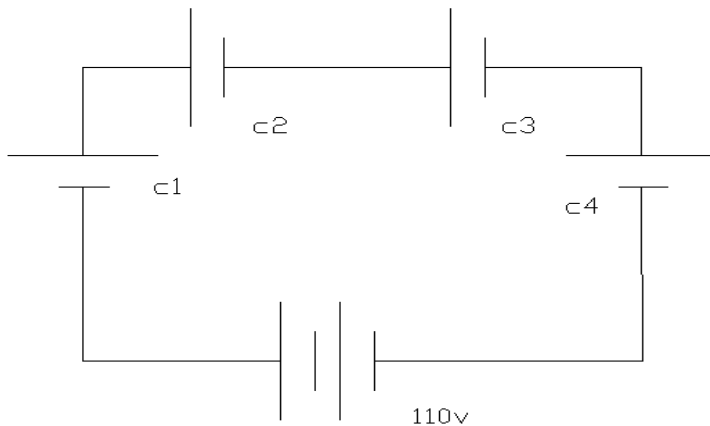
$$C_2=10\text{mf}$$

$$C_5=7\text{mf}$$

$$C_3=3\text{mf}$$

PROB 5.- De acuerdo con la conexión de los capacitores de la figura .Calcular :

a) La capacitancia equivalente b) La carga almacenada en cada capacitor y c) El voltaje en cada capacitor



$$C_1=4\mu\text{f}$$

$$C_2=6\text{nf}$$

$$C_3=5\text{pf}$$

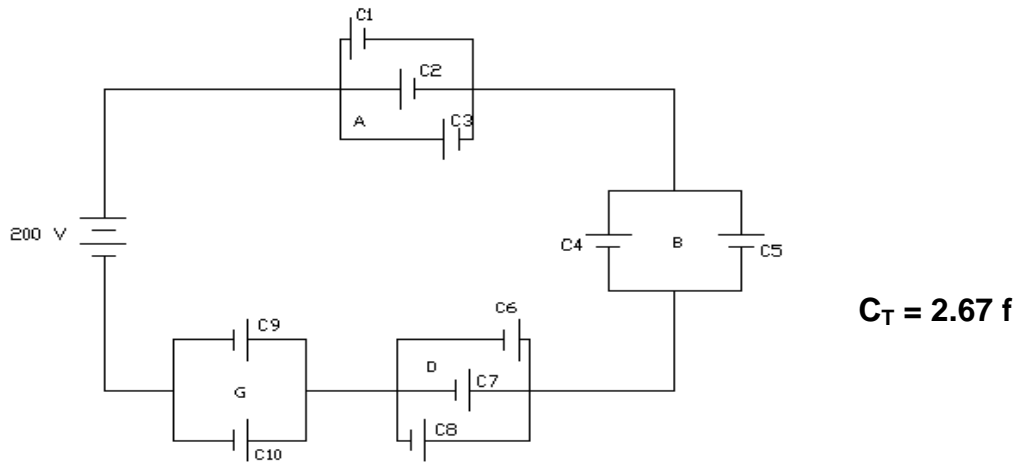
$$C_4=3\text{mf}$$

$$C_T= 5\text{pf}$$

PROB 6.- Del siguiente circuito de capacitores, calcular:

- a) La capacitancia total
- b) Las cargas parciales
- c) La energía potencial total
- d) Las energías potenciales parciales

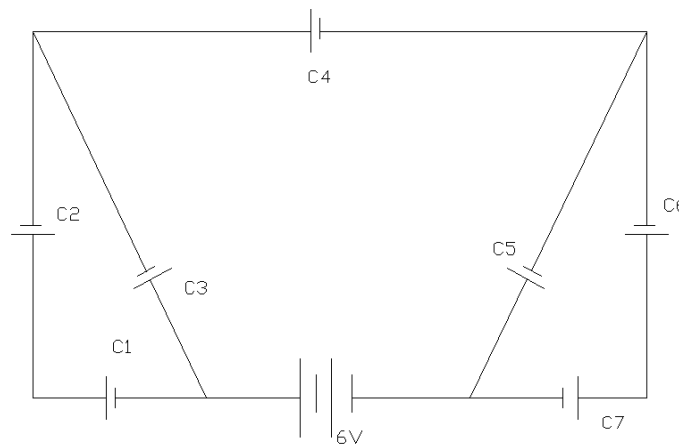
Considérense los valores de los capacitores en faradios conforme al subíndice de cada uno



PROB.7.- Del siguiente circuito de capacitores, determinar:

- a) La capacitancia equivalente
- b) La carga total
- c) El voltaje total
- d) Los voltajes parciales
- e) La energía potencial total
- f) Las energías potenciales parciales

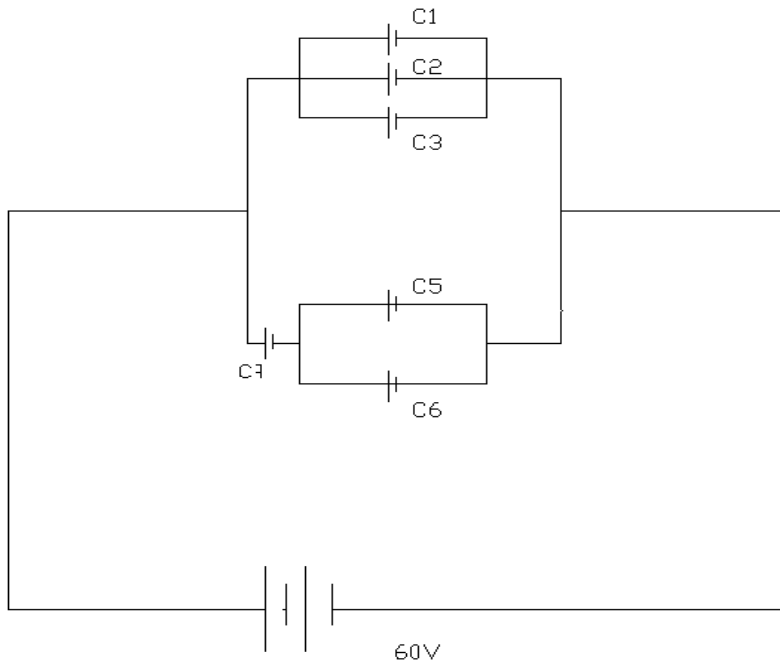
Considerando $2 \mu\text{c}$ por cada capacitor



$C_T = 857 \mu\text{f}$

PROB.8.- Con los datos del siguiente circuito, determinar

- a) La capacitancia total b) La carga total



$C_1=12\mu\text{f}$ $C_4=20\mu\text{f}$ $C_7=5\mu\text{f}$

$C_2=6\mu\text{f}$ $C_5=10\mu\text{f}$

$C_3=2\mu\text{f}$ $C_6=10\mu\text{f}$

$C_T = 14 \mu\text{f}$

$Q_t = 840 \mu\text{C}$

RESISTENCIA ELÉCTRICA

Es la oposición que presentan los materiales al flujo de corriente eléctrica a través de ellos

La resistencia de un conductor a temperatura ambiente (20 °C) se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$R = \rho L / A$$

R= Resistencia eléctrica en Ω

ρ = Resistividad del material en $\Omega\cdot\text{m}$

L = Longitud del conductor en **m**

A= Área de la sección transversal en **m²**

Sabemos que la resistencia eléctrica se incrementa al elevarse la temperatura.

Con la siguiente ecuación podemos determinar apropiadamente el valor de cada material

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(\Delta t)]$$

R_2 = Incremento de resistencia en Ω

R_1 = Resistencia de resistencia en Ω

Δt = Cambio de temperatura e resistencia en Ω

α = Coeficiente de temperatura a 20° en $^\circ\text{C}^{-1}$

LEY DE OHM

$$V = RI$$

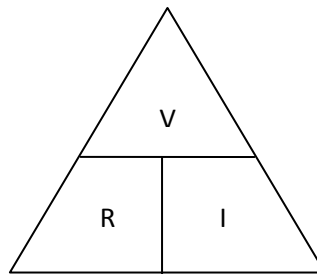
Volts

$$R = \frac{V}{I}$$

Ω

$$I = \frac{V}{R}$$

Amp.



PROB.1- Un alambre de cobre de 3m de longitud tiene una sección transversal de 4mm^2 a 20° . Determinar la resistencia eléctrica del alambre. $\rho_{\text{Cu}} = 1.72 \times 10^{-8}$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$R = \rho \frac{l}{A} = \frac{(1.72 \times 10^{-8})(3)}{4 \times 10^{-6}}$$

$$R = 12.59 \text{ m}\Omega$$

$$A = 4 \text{ mm}^2$$

$$t = 20^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 1.72 \times 10^{-8}$$

PROB.2- Determinar la resistencia de 40 m de alambre de tungsteno que tiene un diámetro de 0.8 mm a 20°C. $\rho_{\text{Tung}}=5.5 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$

L = 40 m
 diam = 0.8 mm
 t = 20°C

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.8)^2}{4} = 0.50 \text{ mm}^2$$

$\rho_{\text{Tn}} = 5.5 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$

$$R = \rho \frac{l}{A} = \frac{(5.5 \times 10^{-8})(40)}{0.5 \times 10^{-6}}$$

$$R = 4.4 \Omega$$

PROB.3- ¿Qué longitud de alambre de cobre de 0.9 pulgadas de diámetro se necesita para fabricar un resistor de 20 Ω a 20 °C? ¿Qué longitud de alambre de Nicrom se necesita? $\rho_{\text{Cu}}= 1.72 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$ $\rho_{\text{Nic}}= 100 \times 10^{-8}$

$$L_{\text{Cu}}= 474.41 \text{ Km}$$

$$L_{\text{Nic}}= 8.16 \text{ Km}$$

PROB.4- Un alambre tiene 3mm de diámetro y 150m de longitud. Su resistencia es de 3Ω a 20 °C. Calcular la resistividad del alambre.

$$\rho= 1.41 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$$

PROB.5- Calcular la resistencia eléctrica de 200 pies de alambre de hierro con un diámetro de 0.002 pulgadas a 20 °C. $\rho_{\text{Fe}}= 9.8 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$

$$R= 2.86 \text{ k}\Omega$$

PROB.6- Un alambre de Nicrom tiene una longitud de 40 m a 20 °c. ¿Cuál es el diámetro si la resistencia eléctrica es de 5 Ω? $\rho_{\text{Nic}}= 100 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$.

$$D= 3.19 \text{ mm}$$

PROB.7- Una fuente de 115 volts de fem esta conectada a un elemento calefactor formado por una bobina de alambre de nicrom de 1.20 mm² de sección transversal. Determinar la longitud del alambre para que la pérdida de potencia resistiva sea 800 W. $\rho= 100 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$

$$L= 19.83 \text{ m}$$

RESISTENCIA POR TEMPERATURA

PROB.1.- Un alambre de hierro de cierta longitud tiene una resistencia de 4Ω a -20°C . Determinar su resistencia a 80°C . $\alpha = 5 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

$$R_1 = 4 \Omega$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C} \quad t_2 = 80^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \Delta R &= \alpha R_1 \Delta t \\ &= (5 \times 10^{-3})(4)(80^\circ - 20^\circ) \\ &= 1.2 \Omega \\ R &= 4 + 1.2 = \\ &= 5.2 \Omega \end{aligned}$$

PROB.2.- Un alambre de cobre tiene una resistividad de $1.72 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$ a 20°C . Si su longitud es de 200m y su sección transversal es de 4 mm^2 ¿Cuál será su resistencia eléctrica a 100°C ? $\alpha_{\text{Cu}} = 3.9 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$L = 200 \text{ m}$$

$$A = 4 \text{ mm}^2$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= P \frac{l}{A} = \frac{(1.72 \times 10^{-8})(200)}{4 \times 10^{-6}} \\ R_1 &= 860 \times 10^{-3} \Omega \\ R_2 &= R_1 [1 + \alpha \Delta t] \\ &= (860 \times 10^{-3}) [1 + (3.9 \times 10^{-3})(100 - 20)] \\ R_2 &= 1.12 \Omega \end{aligned}$$

PROB.3.- La resistencia de un conductor es de 120Ω a 20°C y 136Ω a 60°C . Determinar el coeficiente de temperatura

$$\alpha = 3.3 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

PROB.4.- Un tramo de alambre de cobre ($\alpha = 3.9 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) tiene una resistencia de 8Ω a 25°C . Determinar:

a) La resistencia a 90°C

$$\text{a) } R_2 = 10.02 \Omega$$

b). La resistencia a -30°C

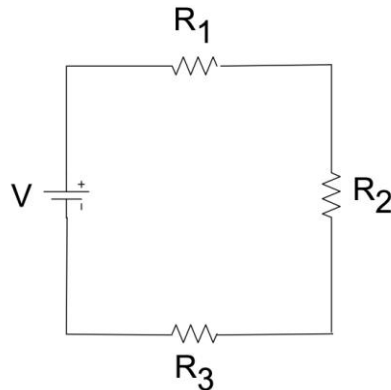
$$\text{b) } R_2 = 6.28 \Omega$$

PROB.5.- Un resistor se usa como termómetro. Su resistencia a 25 °C es de - - - 36 Ω y a 45 °C es de 42 Ω. Determinar el coeficiente de temperatura de la resistencia para ese material.

$$\alpha = 8.33 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

CIRCUITOS DE RESISTORES

EN SERIE.-



La resistencia total o equivalente.- Es la suma de los valores de los resistores

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n \quad \text{en, } \Omega$$

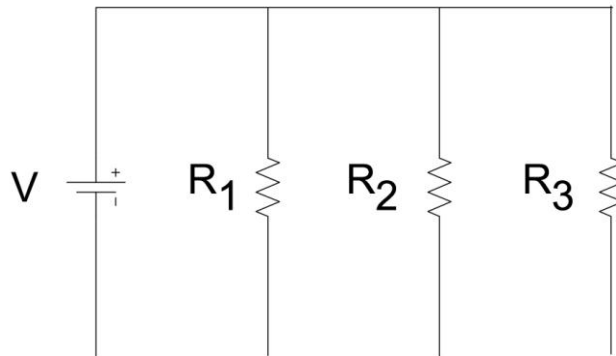
La intensidad de corriente.- Es la misma en todo el circuito.

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_n \quad \text{en, Amp.}$$

El voltaje total o equivalente.- Es la suma de los voltajes en cada resistor

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n \quad \text{en, volts}$$

EN PARALELO.-



La resistencia total o equivalente.- Es la inversa de la suma de las inversas.

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n}} \text{ en, } \Omega$$

Cuando se traten de dos y solo dos resistores

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

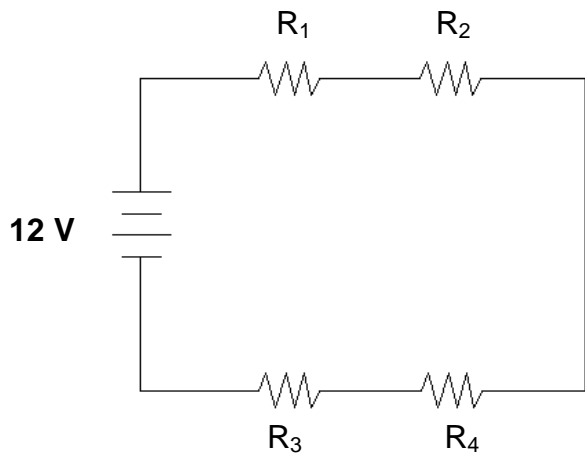
La intensidad de corriente total o equivalente.- Es la suma de las corrientes

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots I_n \text{ en, Amp.}$$

El voltaje.- Es el mismo en todo el circuito.

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_n \text{ en, volts}$$

PROB.- 1.- Los resistores $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$ y $R_4 = 9 \Omega$ están conectados en serie a una batería de 12 volts. Determinar la resistencia equivalente del circuito y la intensidad de corriente que fluye por el.



$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 =$$

$$3 + 5 + 4 + 9 =$$

$$R_T = 21 \Omega$$

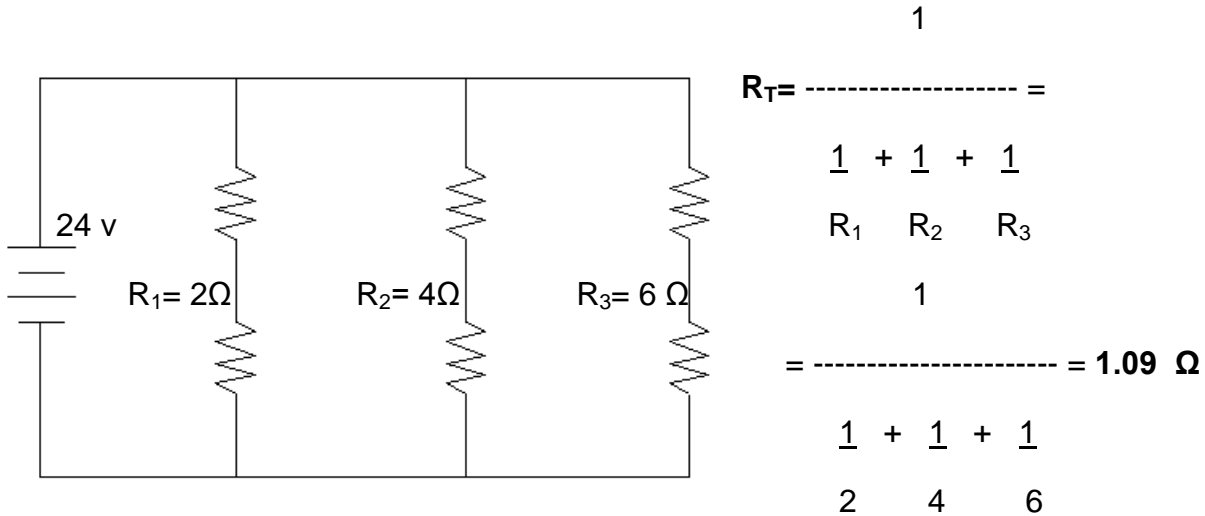
Aplicando la Ley de Ohm

$$V = 12$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{21} = 571 \text{ mAmp.}$$

$$R = 21$$

PROB. 2.- Tres resistores $R_1= 2 \Omega$, $R_2= 4 \Omega$ y $R_3= 6 \Omega$ están conectados en paralelo a una fuente de 24 volts. Determinar la resistencia equivalente, la corriente total y las corrientes que alimentan a cada resistor.



Por la Ley de Ohm determinamos la corriente total:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{24}{1,09} = 22 \text{ Amp.}$$

Ahora determinamos las corrientes en cada resistor y como es un circuito en paralelo sabemos que el voltaje es el mismo en todo el circuito

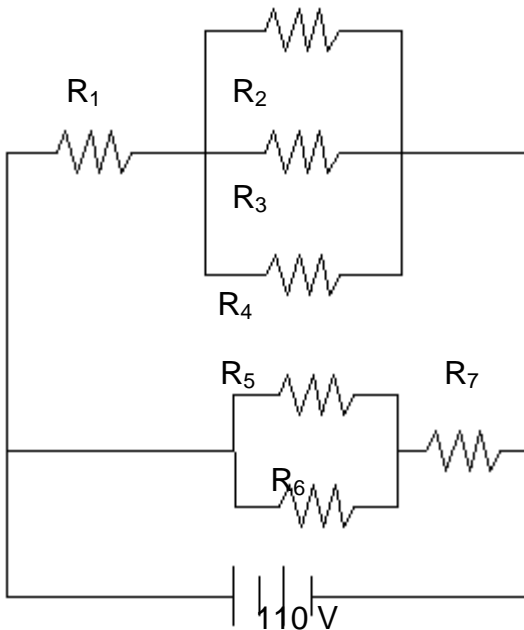
$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{24}{2} = 12 \text{ Amp.} \quad I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{24}{4} = 6 \text{ Amp.} \quad I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{24}{6} = 4 \text{ Amp.}$$

NOTA: La suma de las corrientes parciales debe ser igual a la corriente total

PROB. 3.- Del siguiente circuito mixto de resistores, calcular realizando circuitos equivalentes:

- La resistencia total o equivalente
- La corriente total
- Las corrientes parciales
- La potencia total
- Las potencias parciales

Considérense los valores de los resistores en Ohms conforme al subíndice.



a).- R_2, R_3 y R_4 están en paralelo

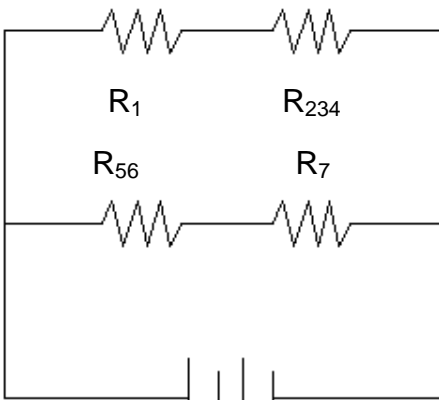
$$R_{234} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}}$$

$$R_{234} = 0.923 \, \Omega$$

R_5 y R_6 están en paralelo

$$R_5 \, R_6 \quad (5) \, (6)$$

$$R_{56} = \frac{R_5 \, R_6}{R_5 + R_6} = \frac{(5)(6)}{5 + 6} = 2.727 \, \Omega$$



R_1 y R_{234} están en serie

$$R_{1234} = R_1 + R_{234} = 1 + 0.923$$

$$R_{1234} = 1.923 \, \Omega$$

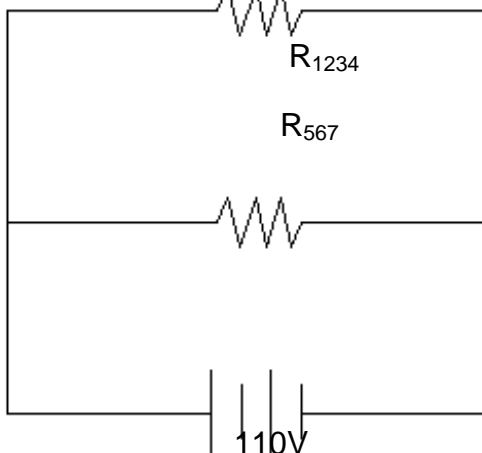
R_{56} y R_7 están en serie

$$R_{567} = R_{56} + R_7 = 2.727 + 7 =$$

$$R_{567} = 9.727 \, \Omega$$

Los dos resistores que quedan están en paralelo, y esa será la resistencia total

$$R_T = \frac{R_{1234} \, R_{567}}{R_{1234} + R_{567}} = \frac{(1.923)(9.727)}{1.923 + 9.727} =$$



$$R_T = 1.605 \ \Omega$$

b).- Determinamos la corriente total por medio de la Ley de Ohm.

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{110}{1.605}$$

$$I_T = 68.535 \text{ Amp}$$

c).- Las corrientes en cada resistor del diagrama equivalente, considerando como sabemos que el voltaje es el mismo en un circuito en paralelo.

$$I_{1234} = \frac{V}{R_{1234}} = \frac{110}{1.923} = 57.202 \text{ Amp.}$$

$$I_{567} = \frac{V}{R_{567}} = \frac{110}{9.727} = 11.308 \text{ Amp.}$$

d).- La potencia total

$$P_T = V_T I_T = (110) (68.535) =$$

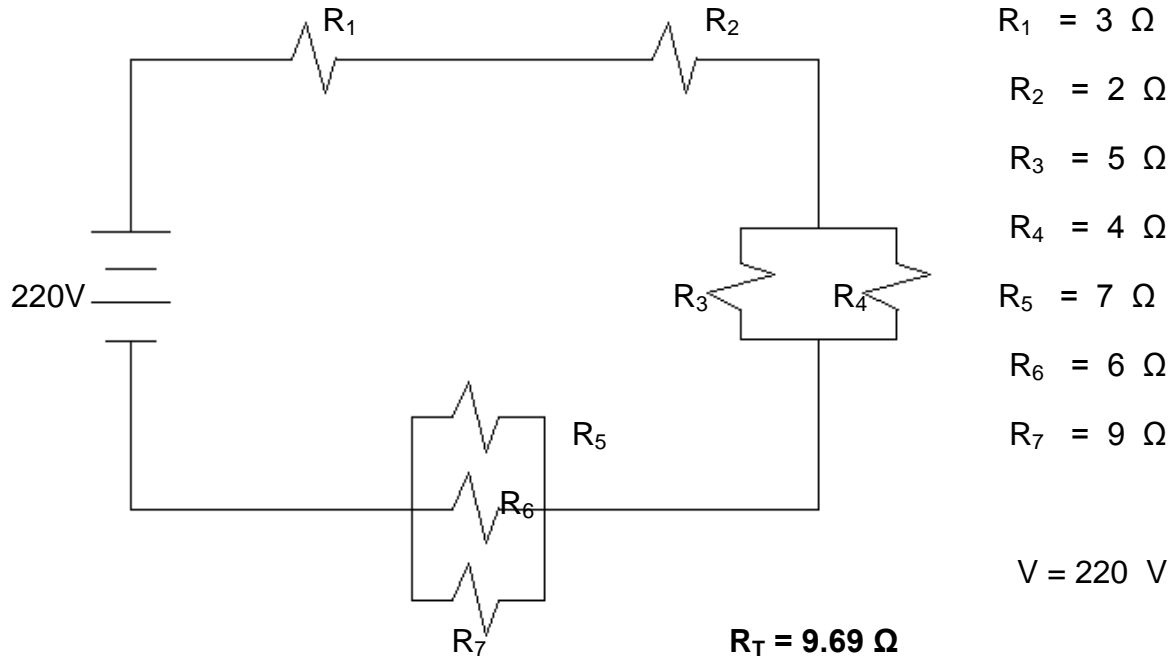
$$P_T = 7538.85 \text{ W}$$

e).- Las potencias en cada resistor del diagrama equivalente.

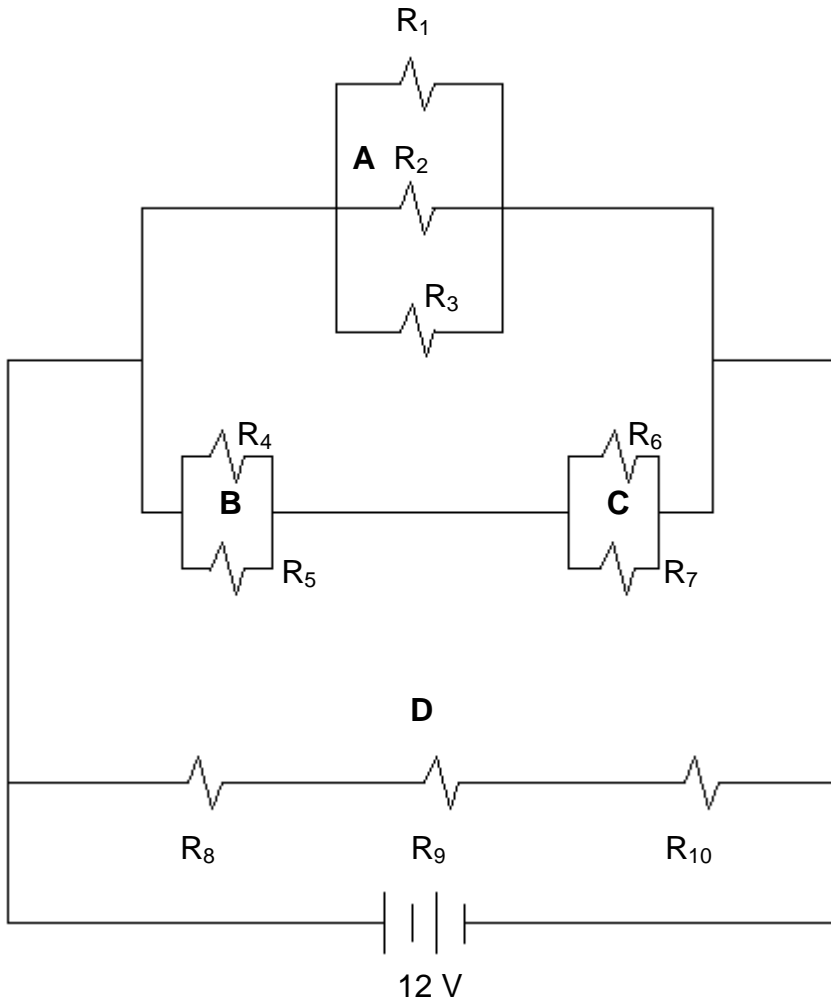
$$P_{1234} = V I_{1234} = (110) (57.202) = 6292.22 \text{ W}$$

$$P_{567} = V I_{567} = (110) (11.308) = 1243.88 \text{ W}$$

PROB.4.- Del siguiente circuito, calcular: a).- La resistencia total, b).- La corriente total, c).- El voltaje total, d).- Los voltajes parciales, e).- La potencia total y f).- Las potencias parciales.



PROB.5.- Del siguiente circuito calcular: La resistencia total, la corriente total y la potencia total.



$$R_1 = 2 \Omega$$

$$R_2 = 3 \Omega$$

$$R_3 = 4 \Omega$$

$$R_4 = 5 \Omega$$

$$R_5 = 6 \Omega$$

$$R_6 = 7 \Omega$$

$$R_7 = 8 \Omega$$

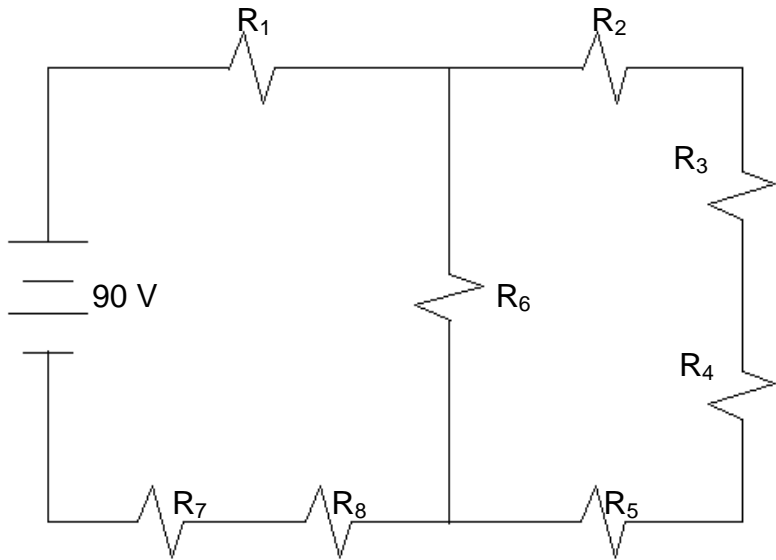
$$R_8 = 9 \Omega$$

$$R_9 = 10 \Omega$$

$$R_{10} = 1 \Omega$$

$$R_T = 0.77 \Omega$$

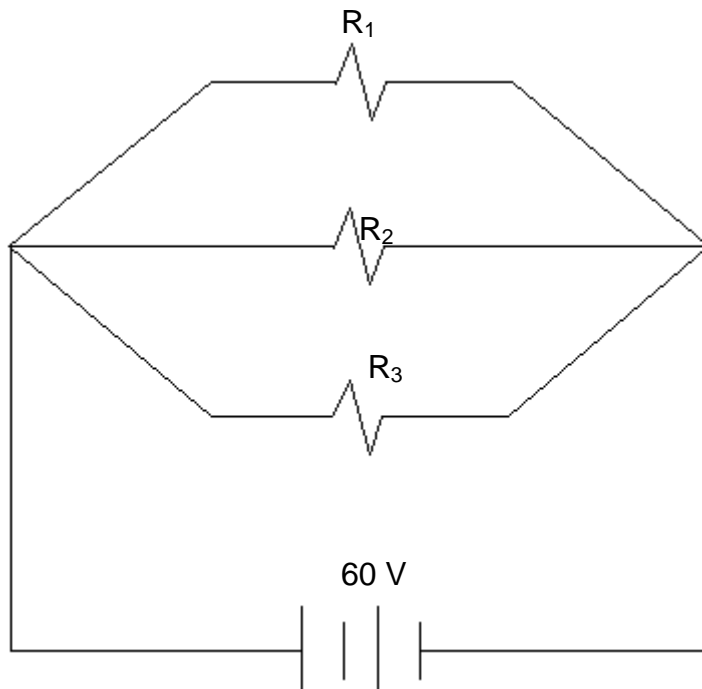
PROB.6.- Se tienen los resistores que se muestran en la figura conectados en un circuito mixto. Calcular la resistencia total, la corriente total y el voltaje en cada uno de los resistores del diagrama equivalente.



- $R_1 = 20 \Omega$
- $R_2 = 10 \Omega$
- $R_3 = 15 \Omega$
- $R_4 = 8 \Omega$
- $R_5 = 12 \Omega$
- $R_6 = 18 \Omega$
- $R_7 = 6 \Omega$
- $R_8 = 2 \Omega$

$R_T = 40.85 \Omega$

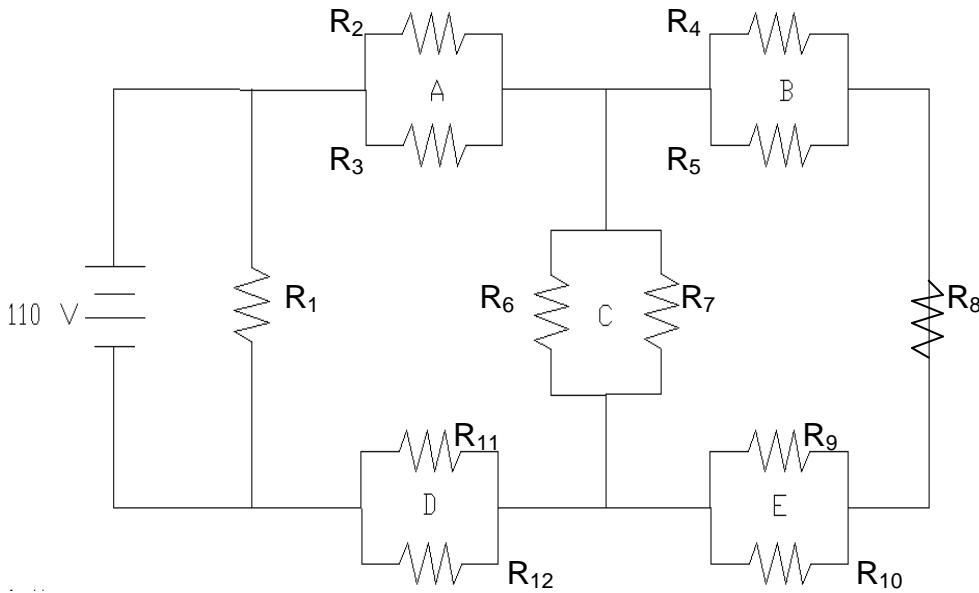
PROB.7.- Tres resistores se conectan a una batería de 60 V como se muestra en la figura. Calcular la resistencia total, la corriente total y la corriente que circula por cada resistor.



- $R_1 = 15 \Omega$
- $R_2 = 23 \Omega$
- $R_3 = 37 \Omega$
- $V = 60 \text{ volts}$

$R_T = 7.29 \Omega$

PROB.8.- Determinar la resistencia total del circuito que a continuación se muestra, realizando diagramas equivalentes.



- $R_1 = 10 \Omega$
- $R_2 = 20 \Omega$
- $R_3 = 30 \Omega$
- $R_4 = 40 \Omega$
- $R_5 = 50 \Omega$
- $R_6 = 60 \Omega$
- $R_7 = 70 \Omega$
- $R_8 = 80 \Omega$
- $R_9 = 90 \Omega$
- $R_{10} = 10 \Omega$
- $R_{11} = 20 \Omega$
- $R_{12} = 30 \Omega$

$R_T = 9.66 \Omega$

LEYES DE KIRCHHOFF

1ª. Ley o Ley de los Nodos.- La suma de las corrientes de entrada, es igual a la suma de las corrientes de salida.

$$\sum I_{\text{entrada}} = \sum I_{\text{salida}}$$

2ª.- Ley o Ley de las Mallas.- La suma de las fuerzas electromotrices, es igual a la suma de las caídas de potencial.

$$\sum E = \sum IR$$

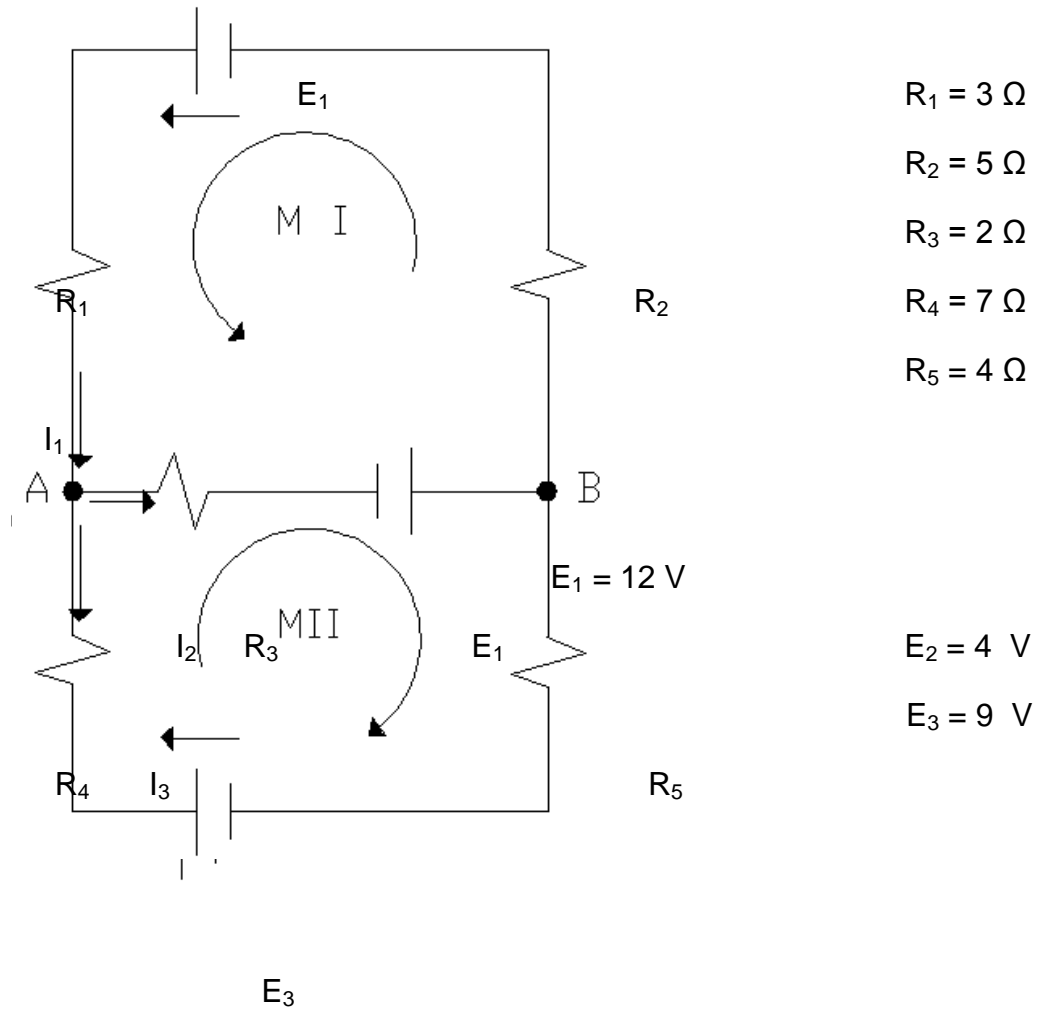
Procedimiento de solución de problemas

- 1.- Se localizan los nodos y se identifican (**A y B**)
- 2.- En los símbolos de las fuerzas electromotrices (**E**), se colocan unas pequeñas flechas que tendrán como dirección la de la corriente nominal (**+ a -**)
- 3.- Arbitrariamente, se le asigna un movimiento a cada malla, que puede ser a favor o en contra del sentido horario, y se identifican. (**M I y M II**)
- 4.- Arbitrariamente se selecciona un nodo, en el que se colocan los vectores que representan a las intensidades de corriente que circulan por las mallas, se identifican y arbitrariamente se les asigna una dirección. (**I₁, I₂ e I₃**)

Nota: Las fuerzas electromotrices (E) y las corrientes (I_1 , I_2 e I_3) que tengan el mismo sentido de los movimientos asignados a las mallas, se considerarán **positivas (+)**, las que tengan sentido contrario al movimiento, se considerarán **negativas (-)**, cuando se aplique la 2ª. Ley.

Al aplicar la 1ª. Ley, siempre tendrá que haber corrientes de entrada y corrientes de salida.

PROB. 1.- Por medio de las Leyes de Kirchhoff determinar las intensidades de corriente que circulan por las mallas.



Aplicamos la 1ª. Ley en "A":

$$I_1 = I_2 + I_3 \text{ -----1}$$

Aplicamos la 2ª. Ley en la malla I:

$$E_1 + E_2 = I_1 (R_1 + R_2) + I_2 R_3$$

Sustituimos valores:

$$12 + 4 = I_1 (3+5) + I_2 216 \\ = 8 I_1 + 2 I_2 \text{ ----- 2}$$

Aplicamos la 2ª. Ley en la malla II :

$$E_2 + E_3 = I_2 R_3 - I_3 (R_4 + R_5)$$

$$4 + 9 = I_2 2 - I_3 (7 + 4)$$

$$13 = 2 I_2 - 11 I_3 \text{ -----3}$$

Ahora tenemos un sistema matemático de tres incógnitas (I_1, I_2 e I_3) y tres ecuaciones (1, 2 y 3) que podemos resolver por el método que más se domine.

(igualación, sustitución, determinantes)

Resolveremos este problema por el método de sustitución:

Sustituimos 1 en 2:

$$16 = 8 (I_2 + I_3) + 2 I_2$$

$$16 = 8 I_2 + 8 I_3 + 2 I_2$$

$$16 = 10 I_2 + 8 I_3 \text{ -----4}$$

Resolvemos simultáneamente 3 y 4 que tienen términos semejantes, factorizando la o las ecuaciones convenientes:

$$13 = 2 I_2 - 11 I_3 \text{ (-5)}$$

$$16 = 10 I_2 + 8 I_3$$

En este caso únicamente factorizamos la 3 por -5, por lo tanto tenemos que:

$$-65 = -10 I_2 + 55 I_3$$

$$16 = 10 I_2 + 8 I_3$$

$$49 = 63 I_3$$

$$I_3 = 49 / 63$$

$$I_3 = 0.777 \text{ Amp}$$

Sustituimos I_3 en 4 :

$$16 = 10 I_2 + 8 (0.777)$$

$$16 - 6.216 = 10 I_2$$

$$9.784 = 10 I_2$$

$$I_2 = 9.784 / 10$$

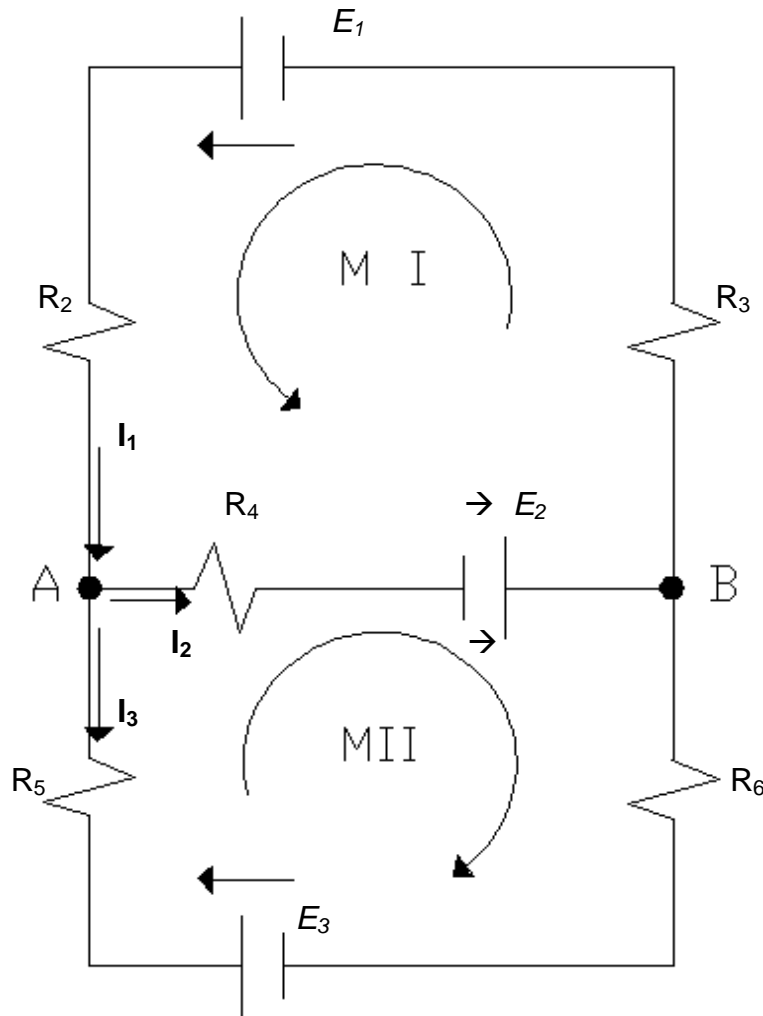
$$I_2 = 0.978 \text{ Amp}$$

Sustituimos I_2 e I_3 en 1:

$$I_1 = 0.978 + 0.777$$

$$I_1 = 1.755 \text{ Amp}$$

Prob. 2.- Por medio de las Leyes de Kirchoff determinar las intensidades de corriente que circulan por las mallas.



$$R_2 = 15 \Omega$$

$$R_3 = 9 \Omega$$

$$R_4 = 23 \Omega$$

$$R_5 = 7 \Omega$$

$$R_6 = 35 \Omega$$

$$E_1 = 24 V$$

$$E_2 = 6 V$$

$$E_3 = 12 V$$

$$I_1 = 0.610 \text{ Amp.}$$

$$I_2 = 0.671 \text{ Amp.}$$

$$I_3 = -0.061 \text{ Amp.}$$

BIBLIOGRAFÍA

FÍSICA Conceptos y Aplicaciones

Paul E. Tippens

Edit. Mc.Graw Hill

FUNDAMENTOS DE FÍSICA, Vol. 2

Halliday/ Resnick/ Walker

Edit. CECSA

FÍSICA Y TECNOLOGÍA, 3

Héctor Pérez Montiel

Edit. Publicaciones Cultural

FUNDAMENTOS DE FÍSICA, Vol. 1

Raymon A. Serway / Jerry S. Faughn

Edit. Thomson

FÍSICA III

Ing. Rafael Moreno Ochoa / Lic.F.M. Gilberto Mercado Escutia

Edit. Mc.Graw Hill

Prof. Ing. José Antonio San Martín