

Asignatura: **Redes Eléctricas I**

Código: **ELSP01**

	<b>Guía de Ejercicios en Aula: N° 10</b>	
	<b>Tema: CONDENSADORES EN CORRIENTE CONTINUA</b>	Docente: <b>EDUARDO BRAVO CHOCHO</b>

### Unidad de Aprendizaje N° : 5

#### Aprendizajes Esperados

- Analiza las características constructivas de los diferentes tipos de condensadores y los factores que intervienen en la capacidad y determina la capacidad de un condensador de placas paralelas, a través de solución de ejercicios y problemas.
- Calcula la capacidad equivalente de condensadores de placas paralelas, conectados en serie, paralelo y mixtos.
- Determina las variaciones que experimentan la tensión y la intensidad de corriente en los procesos de carga y descarga de un condensador.

#### Objetivo:

- Calcular la capacidad de un condensador de placas paralelas.
- Calcular la capacidad equivalente y la carga eléctrica en circuitos con condensadores conectados en serie, en paralelo y configuración mixta
- Calcular la constante de tiempo y el tiempo de carga y descarga de un condensador.
- Calcular en un circuito RC serie para un tiempo establecido, la corriente y la tensión en los procesos de carga y descarga, tanto en la resistencia como en el condensador.
- Calcular la tensión y la corriente durante el proceso de carga y de descarga de un condensador conectado a una fuente de corriente continua estableciendo para períodos de tiempo constantes desde el cierre del interruptor hasta la carga o descarga según se trate.
- Graficar el proceso de carga y descarga de un condensador a partir de los cálculos realizados .

1.- Capacidad de un condensador de placas paralelas.

Problema 1. Un condensador de placas paralelas de 30 nF, que usa mica como dieléctrico ( $k=5$ ) tiene una separación entre placas de 0,2 mm. Determinar el área de las placas.

Solución:

La capacidad de un condensador de placas paralelas viene dada por la expresión:

$$C = \frac{K\epsilon_0 A}{d}$$

Se conocen los datos siguientes:

1. La permitividad del vacío  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  F/m
2. La capacidad del condensador (C) es de 30 nF
3. La constante del dieléctrico es  $K=5$
4. La separación de las placas es de 0,2 mm =  $0,2 \times 10^{-3}$  m

Reemplazando estos valores en la ecuación 1 se obtiene:

$$30 \times 10^{-9} = \frac{5 \times 8,85 \times 10^{-12} \times A}{0,2 \times 10^{-3}}$$

Despejando el área "A" de la ecuación 2 se obtiene:

$$A = \frac{30 \times 10^{-9} \times 0,2 \times 10^{-3}}{5 \times 8,85 \times 10^{-12}} = 0,1356 \text{ m}^2$$

**Asignatura: Redes Eléctricas I**

**Código: ELSP01**

**Guía Ejercicios N°10**

Problema 2.- Un condensador de placas paralelas tiene placas cuadradas de lado 3 cm. Si la capacidad es de 250 uF, determinar la separación entre placas.

Respuesta.-  $3,18 \times 10^{-9}$  Metros

Problema 3.- Calcular la capacidad de un condensador de placas paralelas si se sabe que el radio de las placas es de 6 mm y están separadas 5 mm.

Respuesta.-  $C = 0,2$  pF

Problema 4.- Un condensador sin dieléctrico tiene una capacidad de 470 uF.

- Calcular la capacidad de este mismo condensador si se le inserta un dieléctrico que tiene una constante dieléctrica  $k = 6$ .

Respuesta.- 2820 uF

- Calcular la capacidad del condensador original (sin dieléctrico) si el tamaño de las placas aumenta un 25%.

Respuesta.- 587,5 uF

- ¿Qué conclusiones puede obtener sobre el efecto que tienen la introducción de un dieléctrico y el aumento del tamaño de las placas en la capacidad de un condensador?

Respuesta.- Que para ambas situaciones la capacidad del condensador aumenta.

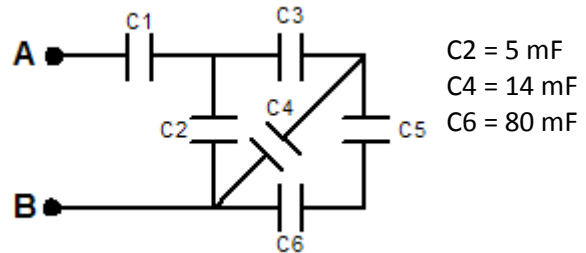
Problema 5.- Un condensador de placas paralelas tiene un dieléctrico cuya constante dieléctrica es  $k = 20$ . Si las placas son circulares de radio 12 cm, calcular la separación que debe existir entre estas para que la capacidad del condensador sea de 20 pF.

Respuesta.- Distancia de 0,4 metros

2.- Conexión serie, paralelo y mixto.

Problema 6.- Dada la siguiente configuración de condensadores calcular la capacidad equivalente entre los puntos A y B.

C1 = 80 mF  
C3 = 30 mF  
C5 = 20 mF



Solución:

Los condensadores C6 y C5 están en serie, por lo tanto el equivalente entre ellos dos es:

$$C_a = \frac{C_5 \times C_6}{C_5 + C_6} = \frac{20 \times 80}{20 + 80} = 16 \mu F$$

El condensador equivalente Ca queda en paralelo con C4, por lo tanto el equivalente entre ellos dos es:

$$C_b = C_a + C_4 = 16 + 14 = 30 \mu F$$

El condensador equivalente Cb queda en serie con C3, por lo tanto el equivalente de ellos dos es:

$$C_c = \frac{30 \times 30}{30 + 30} = 15 \mu F$$

El condensador equivalente Cc queda en paralelo con C2, por lo tanto el equivalente entre ellos dos es:

$$C_d = 15 + 5 = 20 \mu F$$

Finalmente el condensador equivalente Cd queda en serie con C1, y el equivalente entre ellos dos es:

$$C_a = \frac{C_d \times C_1}{C_d + C_1} = \frac{20 \times 80}{20 + 80} = 16 \mu F$$

Asignatura: **Redes Eléctricas I**

Código: **ELSP01**

Guía Ejercicios N°10

Problema 7.- Calcular la capacidad equivalente de dos condensadores de 250 uF dispuestos en conexión serie y luego en conexión paralelo. ¿Qué conclusiones puede sacar al respecto?

Respuesta.- Si están en serie y al aplicar la fórmula de

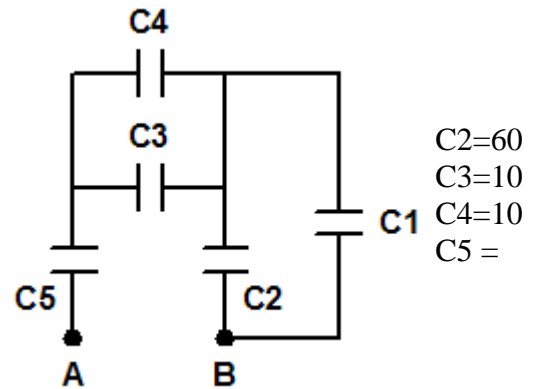
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = 125 \text{ uF}$$

Si están en paralelo es la suma de ellos  $C_T = 500 \text{ uF}$

Los condensadores en serie disminuye su capacidad equivalente en cambio en paralelo aumenta

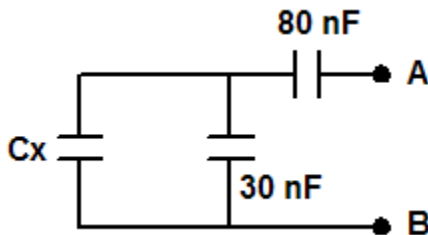
Problema 8.- Calcular la capacidad equivalente entre A y B, de la siguiente configuración

$C_1=30 \text{ uF}$   
uF  
uF  
uF  
 $20 \text{ uF}$



Respuesta.-  $C_T = 9 \text{ uF}$

Problema 9.- En el siguiente circuito calcular  $C_x$ , para que la capacidad equivalente total sea de 26,67 nF



Respuesta.-  $C_x = 9,38 \text{ nF}$

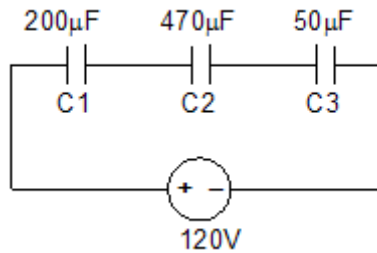
Problema 10.- Determinar el valor de la capacitancia que se debe agregar en serie con un capacitor de 300 pF para obtener una capacidad equivalente de 0,100 nF.

Respuesta.- C= 150 pF

3.- Tensión y carga eléctrica de condensadores en diferentes conexiones.

Problema 11.- Los siguientes circuitos se encuentran en régimen permanente, calcular la tensión y la carga acumulada en cada condensador.

- Circuito serie:

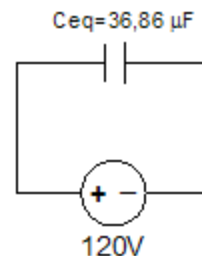


Solución:

Al estar los condensadores en conexión serie, la carga en cada uno de ellos es la misma e igual a la del condensador equivalente y la suma de las tensiones de cada condensador es igual a la tensión total, en nuestro caso igual a la tensión de la fuente de 120 V.

Se obtiene un equivalente de los tres condensadores conectados en serie:

$$C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{1}{470} + \frac{1}{50}} = 36,86 \mu F$$



En el circuito equivalente el condensador Ceq, tiene una tensión de 120 V y como conocemos su capacidad, se puede calcular la carga de este condensador equivalente:

$$Q_{eq} = C_{eq} \times V = 36,86 \times 10^{-6} \times 120 = 4423,2 \mu C$$

Como el condensador equivalente viene de una conexión serie, la carga de cada condensador original es igual a la capacidad del condensador equivalente, es decir:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_{eq} = 4423,2 \mu\text{C}$$

Conocida la carga en cada condensador, se procede a calcular la tensión en cada uno de ellos:

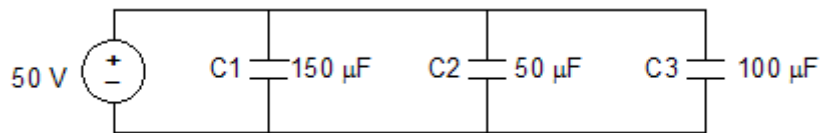
$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{4423,2 \times 10^{-6}}{200 \times 10^{-6}} = 22,13 \text{ V}$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{4423,2 \times 10^{-6}}{470 \times 10^{-6}} = 9,41 \text{ V}$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{4423,2 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-6}} = 88,46 \text{ V}$$

Problema 12.- Observar que se cumple que:  $V_1 + V_2 + V_3 = 120 \text{ V}$  que es la tensión total.

- Circuito paralelo:

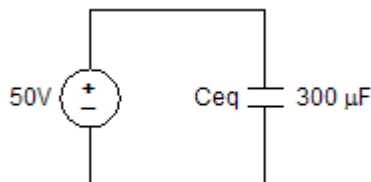


Solución:

Al estar los condensadores en conexión paralelo, la tensión en cada uno de ellos es igual a la tensión de la fuente, en nuestro caso 50 V, y la carga del condensador equivalente es igual a la suma de las cargas de cada condensador.

Se obtiene un equivalente de los tres condensadores conectados en paralelo:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 150 + 50 + 100 = 300 \mu\text{F}$$



Asignatura: **Redes Eléctricas I**

Código: **ELSP01**

Guía Ejercicios N°10

En el circuito equivalente, la tensión del condensador equivalente es 50 V, luego conocida su capacidad, se puede calcular la carga:

$$Q_{eq} = C_{eq} \times V = 300 \times 10^{-6} \times 50 = 15000 \mu\text{C}$$

Como el equivalente viene de una conexión paralelo, se cumple que:

$$V_1 = V_2 = V_3 = 50 \text{ V}$$

Como se conocen la tensión y la capacidad en cada condensador, se puede calcular la carga en cada uno de ellos:

$$Q_1 = C_1 \times V = 150 \times 10^{-6} \times 50 = 7500 \mu\text{C}$$

$$Q_2 = C_2 \times V = 50 \times 10^{-6} \times 50 = 2500 \mu\text{C}$$

$$Q_3 = C_3 \times V = 100 \times 10^{-6} \times 50 = 5000 \mu\text{C}$$

Observar que se cumple que:  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 15000 \mu\text{C}$ , que es la carga del condensador equivalente.

Problema 13.- Dos condensadores  $C_1 = C_2 = 200\mu\text{F}$  son conectados en serie a una fuente de 50 V. Determinar la carga acumulada en cada condensador y la tensión en cada uno de ellos, en régimen permanente.

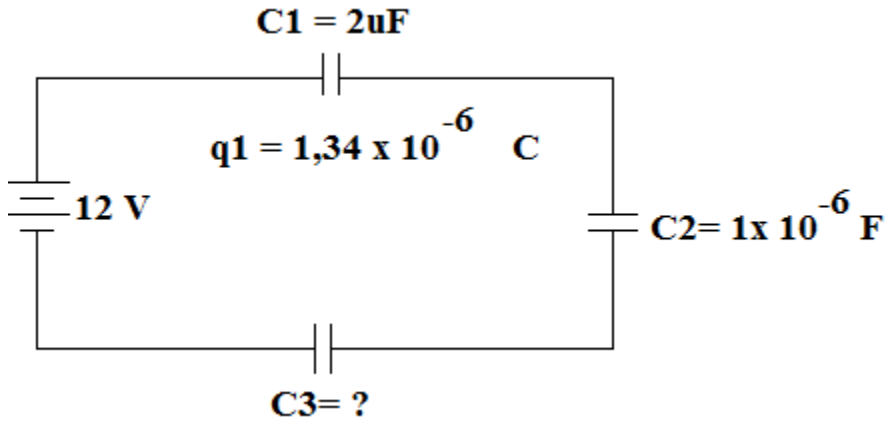
Respuesta.- Carga de cada condensador 5 uC  $V_{C1} = 25 \text{ V}$   $V_{C2} = 25 \text{ V}$

Problema 14.- Dos condensadores  $C_1 = C_2 = 200\mu\text{F}$  son conectados en paralelo a una fuente de 50 V. Determinar la carga acumulada en cada condensador y la tensión en cada uno de ellos, en régimen permanente.

Respuesta.-  $Q_1 = 10\text{mC}$   $Q_2 = 10\text{mC}$   $V_{C1} = 50 \text{ V}$   $V_{C2} = 50 \text{ V}$

Problema 15.- Para el siguiente circuito se pide que usted determine el voltaje de cada condensador, capacitancia  $C_3$ ,  $C_T$  y carga de cada condensador:

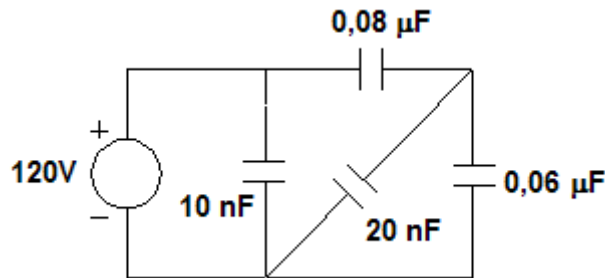




Respuesta.- En este caso las cargas son iguales es decir  $q_1 = q_2 = q_3 = 1,34 \times 10^{-6} \text{ C}$

$V_1 = 0,67 \text{ Volts}$     $V_2 = 1,34 \text{ Volts}$     $V_3 = 3,96 \text{ Volts}$     $C_T = 1.1167 \times 10^{-7} \text{ [F]}$

Problema 16.- El siguiente circuito se encuentra en régimen permanente. Calcular la tensión y la carga acumulada en cada condensador, en régimen permanente.



Respuesta.-  $V_1 = 120 \text{ V}$     $V_2 = 60 \text{ V}$     $V_3 = V_4 = 60 \text{ V}$

$Q_t = 6000 \text{ nC}$     $Q_1 = 1200 \text{ nC}$     $Q_2 = 4800 \text{ nC}$     $Q_3 = 1200 \text{ nC}$     $Q_4 = 3600 \text{ nC}$

4.- Procesos de carga y descarga de un condensador.

Problema 17.- En el siguiente circuito el interruptor cierra en  $t = 0$ .

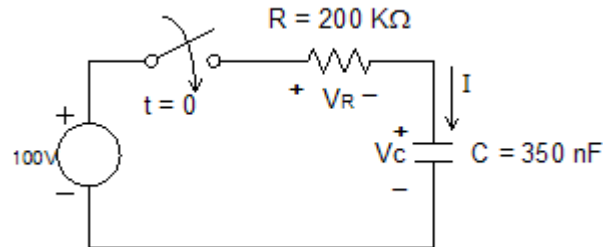
- a) Calcular tensión y corriente en la resistencia y en el condensador para  $t = 0$  ;  $t = 0,1 \text{ seg}$  ;  $t = t_c$  y  $t = 2 \text{ seg}$ .
- b) Calcular el tiempo que tarda en cargarse el condensador.

Asignatura: **Redes Eléctricas I**

Código: **ELSP01**

Guía Ejercicios N°10

- c) Calcular la energía almacenada en el condensador para un  $t = 0,1$  seg y en régimen permanente.
- d) Dibujar las gráficas para la corriente y la tensión en el condensador, indicando en ellas el periodo transiente y el permanente.



Solución:

a) La constante de tiempo del circuito es:

$$\tau_c = RC = 200 \times 10^3 \times 350 \times 10^{-9} = 0,07 \text{ seg}$$

Las ecuaciones a usar corresponden a las del proceso de carga.

En  $t = 0$ , o sea justo cuando cierra el interruptor, la corriente del circuito es máxima y la tensión en el condensador es cero.

Para  $t = 0$ :

$$V_C = V(1 - e^{-t/\tau_c}) = 0$$

$$I = \frac{V}{R} e^{-t/\tau_c} = \frac{100}{200 \times 10^3} e^{-0/0,07} = 0,5 \text{ mA}$$

Por ser un circuito serie, la corriente por la resistencia y por el condensador son iguales. La tensión en la resistencia, viene dada por la ecuación:

Asignatura: Redes Eléctricas I

Código: ELSP01

Guía Ejercicios N°10

$$V_R = I \times R = 0,5 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^3 = 100 \text{ V}$$

Para  $t = 0,1$  seg:

$$V_C = V(1 - e^{-t/\tau_c}) = 100 \times (1 - e^{-0,1/0,07}) = 76,035 \text{ V}$$

$$I = \frac{V}{R} e^{-t/\tau_c} = \frac{100}{200 \times 10^3} e^{-0,1/0,07} = 0,12 \text{ mA}$$

$$V_R = I \times R = 0,12 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^3 = 24 \text{ V}$$

Para  $t = \tau_c = 0,07$  seg:

$$V_C = V(1 - e^{-t/\tau_c}) = V(1 - e^{-0,07/0,07}) = V(1 - e^{-1}) = V(0,63) = 100 \times 0,63 = 63 \text{ V}$$

Observar, en la ecuación anterior, que para un tiempo igual a una constante de tiempo la tensión en el condensador es igual al 63% de su valor máximo.

$$I = \frac{V}{R} e^{-t/\tau_c} = \frac{V}{R} e^{-0,07/0,07} = \frac{V}{R} e^{-1} = \frac{V}{R} \times 0,37 = \frac{100}{200 \times 10^3} \times 0,37 = 0,19 \text{ mA}$$

Observar, en la ecuación anterior, que para un tiempo igual a una constante de tiempo la corriente es igual al 37% de su valor máximo.

$$V_R = I \times R = 0,19 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^3 = 38 \text{ V}$$

Para  $t = 2$  seg:

Para este tiempo el condensador ya se encuentra completamente cargado, por lo tanto el circuito se encuentra en régimen permanente. Esto significa que la corriente es cero y la tensión en el condensador es máxima e igual a la tensión de la fuente. Como la corriente del circuito es cero, la tensión en la resistencia también es cero:

$$V_C = V = 100 \text{ V}$$

$$I = 0$$

$$V_R = 0$$

Como la corriente por el circuito, en régimen permanente, es cero, se dice que el condensador se comporta como un circuito abierto, por eso no deja pasar corriente.

b) El tiempo de carga del condensador es igual a cinco constantes de tiempo:

$$\text{tiempo de carga} = 5 \times \tau_c = 5 \times 0,07 = 0,35 \text{ seg}$$

Esto significa que el circuito desde  $t = 0$  hasta  $t = 0,35$  seg se encuentra en estado transitorio y todas las variables (tensiones y corriente) están cambiando. Alcanzado un tiempo igual 5 constantes de tiempo, es decir 0,35 seg en nuestro ejemplo, el circuito llega a estado permanente, los valores de tensiones y corriente se hacen constantes (ya no cambian). Particularmente en el proceso de carga, en régimen permanente, la tensión en el condensador es máxima e igual a la tensión de la fuente y la corriente es cero.

c) La energía almacenada en el condensador viene dada por la siguiente expresión:

$$W = \frac{1}{2} \times C \times V_c^2 \text{ donde } V_c \text{ es la tensión del condensador en un tiempo determinado.}$$

Para  $t = 0,1$  seg:

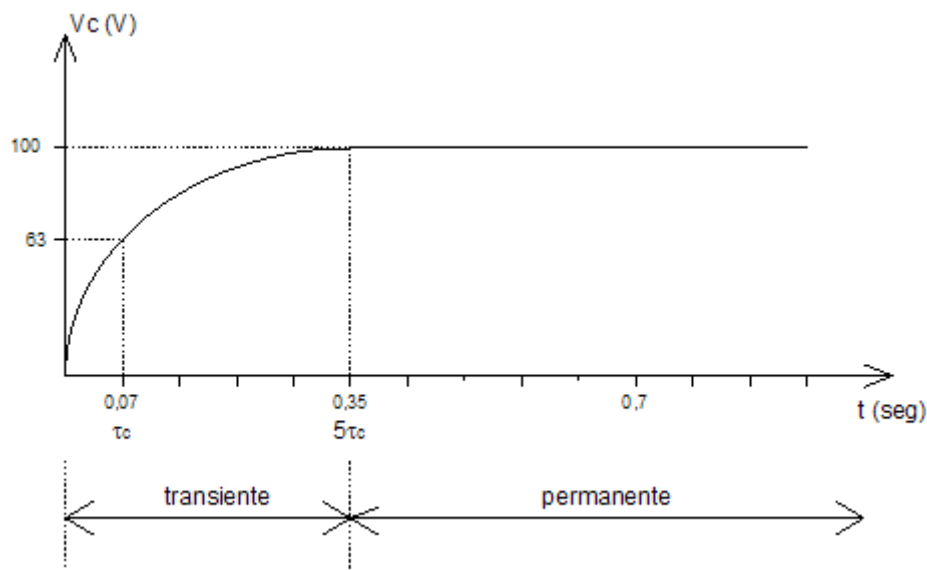
Se obtuvo que para este tiempo la tensión del condensador es  $V_c = 76,035$  V luego:

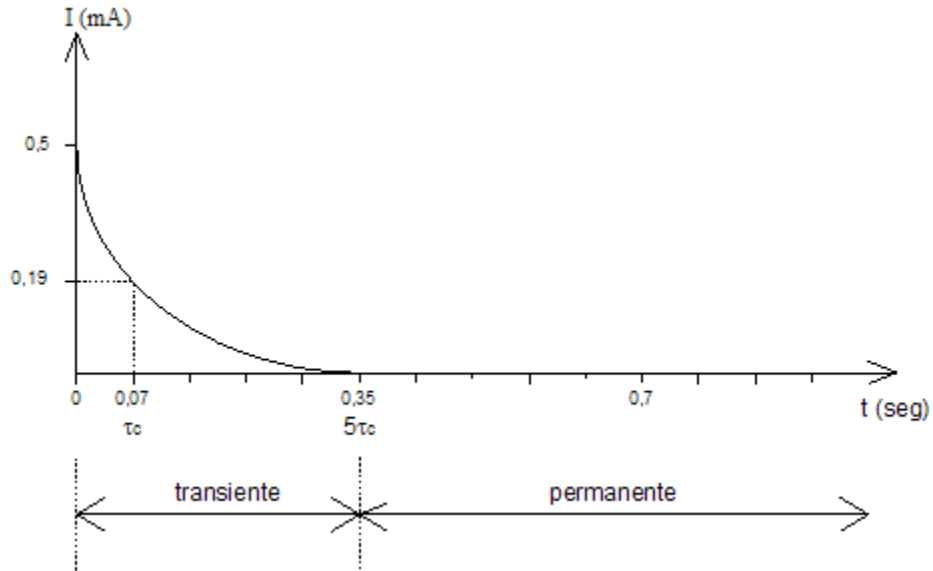
$$W = \frac{1}{2} \times 350 \times 10^{-9} \times 76,035^2 = 1,012 \text{ mJ}$$

Para régimen permanente, la tensión del condensador es máxima e igual a la tensión de la fuente, es decir  $V_c = 100$  V luego:

$$W = \frac{1}{2} \times 350 \times 10^{-9} \times 100^2 = 1,75 \text{ mJ}$$

d) Gráficas:

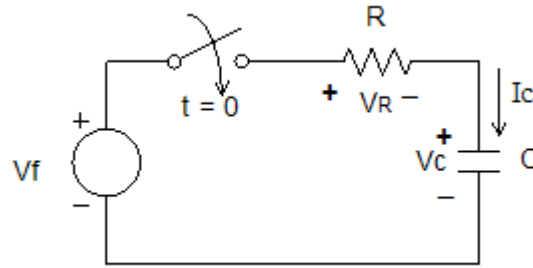




Problema 18.- El siguiente circuito se encuentra en un proceso de carga. Para los distintos valores de  $V_f$ ,  $R$  y  $C$ , completar la tabla con los datos solicitados.

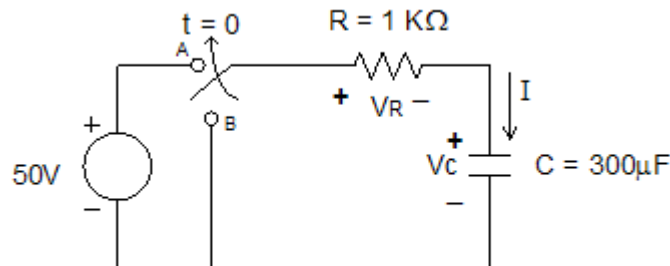
$V_f$ (V)	$R$ ( $\Omega$ )	$C$ (F)	Constante de tiempo $\tau_c$	Tiempo de carga	$I_c$ para $t =$ $\tau_c$	$V_c$ para $t =$ $\tau_c$	$V_R$ para $t =$ $\tau_c$
120	250	250 $\mu$					
120	250	470 $\mu$					
120	50	250 $\mu$					
120	50	470 $\mu$					

Respuesta.- En el primer caso tenemos Constante de tiempo 0,06 seg Tiempo de carga = 0,3 seg  $I_c =$  0,17 Amper  $V_C = 75,6$  Volts  $V_R = 42,5$  Volts



Problema 19.- En el circuito A, el interruptor cierra hacia la posición A en  $t=0$ , para iniciar el proceso de carga del condensador:

- Calcular la constante de tiempo y el tiempo de carga.
- Calcular  $V_R$ ,  $V_c$  e  $I$  para  $t=0$  ;  $t = 0,3$  seg ;  $t = 1,5$  seg.
- Calcular la energía almacenada en el condensador para un tiempo  $t = 0,3$  y en régimen permanente.



Circuito A

Respuesta.-

Constante de tiempo = 0,3 seg. Tiempo de carga= 1,5 seg

Para  $t=0$

$$V_R = 50 \text{ V} \quad V_c = 0 \text{ V} \quad I_c = 50 \text{ mA}$$

Para  $t = 0,3$  seg

$$V_R = 18,5 \text{ V} \quad V_c = 31 \text{ V} \quad I_c = 18,5 \text{ mA}$$

$t = 1,5$  seg

$$V_R = 0,4 \text{ V} \quad V_c = 49 \text{ V} \quad I_c = 0,4 \text{ mA}$$

Asignatura: **Redes Eléctricas I**

Código: **ELSP01**

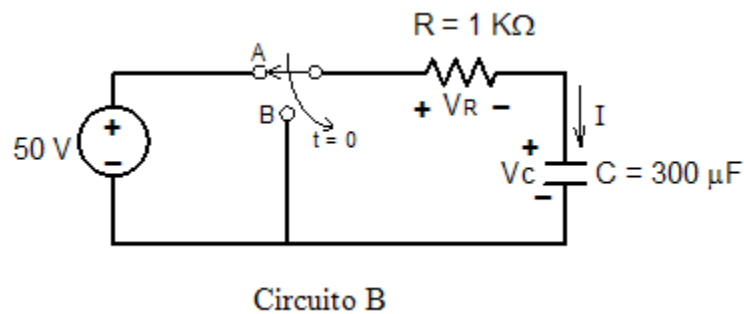
Guía Ejercicios **N°10**

La energía almacenada en el condensador para un tiempo  $t = 0,3$  y en régimen permanente.

$$W = 0,143 \text{ Joule}$$

Problema 20.- En el circuito B, el condensador que fue cargado en el circuito A, se somete a un proceso de descarga con el cierre del interruptor hacia la posición B en  $t = 0$ .

- Calcular el tiempo que tarda en descargarse el condensador.
- Calcular  $V_R$ ,  $V_C$  e  $I$  para  $t = 0$ ;  $t = 0,3$  seg y  $t = 1,5$  seg.
- Calcular la energía almacenada en el condensador para un tiempo  $t = 0,3$  seg y en régimen permanente.



Respuesta.-

Tiempo que tarda en descargarse el condensador. 1,5 Seg

para  $t = 0$

$$V_R = 0 \text{ V} \quad V_C = 50 \text{ V} \quad I = -50 \text{ mA}$$

para  $t = 0,3$  seg

$$V_R = 18,5 \text{ V} \quad V_C = 31,5 \text{ V} \quad I = -18,5 \text{ mA}$$

para  $t = 1,5$  seg.

$$V_R = 0,4 \text{ V} \quad V_C = 49 \text{ V} \quad I = -0,4 \text{ mA}$$

La energía almacenada en el condensador para un tiempo  $t = 0,3$  seg y en régimen permanente.

$$W = 0,145 \text{ Joule}$$