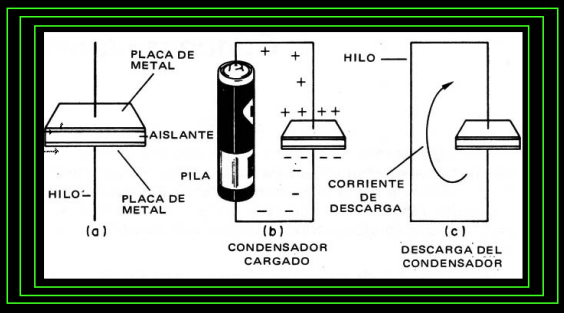


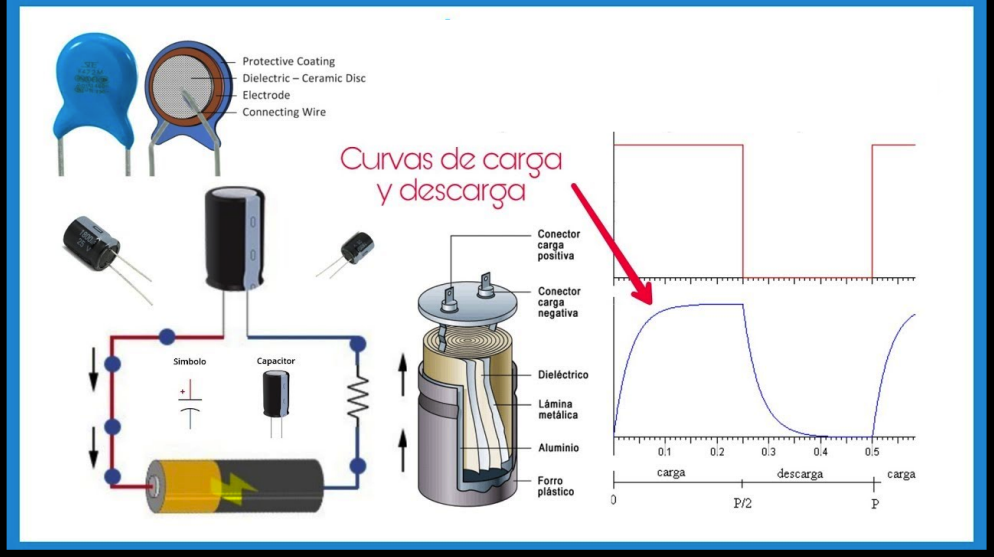


# 7. Proceso de carga de un circuito RC

## 7.1 Objetivos

### 7.1.1 General

Analizar el proceso de carga de un condensador conectado en serie con una resistencia formando un circuito denominado RC.

### 7.1.2 Específicos

- Realizar mediciones de voltaje en función del tiempo para la carga en el condensador.
- Realizar gráficas y análisis del comportamiento de las variables de potencial (voltaje), carga y corriente eléctrica.

## 7.2 Marco Teórico

Un circuito eléctrico es un camino cerrado por el cual circulan cargas eléctricas, impulsadas por una diferencia de potencial entre dos puntos del circuito. El mecanismo mas eficaz para conseguir dicha diferencia de potencial, es usar la fuerza electromotriz ($FEM$) de una batería, que mediante energía proveniente de reacciones químicas, realiza una redistribución de cargas eléctricas dentro de las placas del capacitor que se muestra en la parte derecha de la figura 7.1. Si se conecta una resistencia en serie con el capacitor y la batería, se consigue la configuración de un circuito básico mostrado en la figura 7.1, denominado circuito RC.

Figura 7.1: Circuito RC

Si consideramos que en un tiempo $t = 0\ s$ las placas del capacitor están inicialmente neutras es decir; sin exceso o carencia de portadores de carga eléctrica en su superficie. El capacitor se encontrará descargado, empezará un flujo de corriente de modo tal que el potencial de la $(FEM)$ será igualado por el voltaje en la resistencia.

A medida que el condensador se va cargando, el voltaje en el mismo aumenta y la corriente se reduce, lo que disminuye el voltaje en la resistencia. Finalmente, cuando el condensador este totalmente cargado no existirá una corriente en el circuito y el voltaje en el condensador iguala al valor de la $FEM$. Este proceso es gobernado por la ecuación 7.1:

$$V_c = V_o(1 - e^{-t/\tau}) \tag{7.1}$$

Donde $V_c$ es el voltaje en el condensador, $\tau$ es constante de tiempo, que equivale al producto de la resistencia por la capacitancia, es decir $\tau = RC$. Este tiempo es el necesario para que el capacitor consiga una carga de un 63.2 % de la carga total máxima que pueda conseguir. (ó máximo voltaje que es el voltaje de la batería $(FEM)$). En la tabla 7.1 se muestra los valores (en porcentaje) de la carga en el capacitor para diferentes tiempos (en múltiplos enteros de $\tau$):

| Constantes de Tiempo | % de Carga |
|---|---|
| 1 $\tau$ | 63,2 |
| 2 $\tau$ | 86,5 |
| 3 $\tau$ | 95,0 |
| 4 $\tau$ | 98,2 |
| 5 $\tau$ | 93,3 |

Tabla 7.1: Comportamiento de la carga en diferentes constantes de tiempos.

Se observa claramente que la carga máxima del condensador no se consigue en una constante de tiempo, tan solo alcanza un 63,2 %. Si transcurre una nueva constante de tiempo, es decir en $2\tau$ el condensador se habrá cargado ahora a un 86.5 % de la carga total.

## 7.3 Actividades Previas al Laboratorio

Resuelva las siguientes actividades antes de la clase de laboratorio virtual, el desarrollo de las actividades previas le permite tener herramientas para el trabajo durante la clase

1. ¿Cómo se puede explicar que el producto de las dimensiones de $\tau = RC$ sean unidades de tiempo (p.e. segundos)?
2. ¿Qué significado tiene el tiempo de vida media en el proceso de carga para un condensador?

## 7.4 Herramienta Virtual

Para la práctica virtual se hará uso del simulador disponible en el link: `https://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-ac`

Si no puede correr la simulación al descargarla, asegúrese que su computador tenga instalada una versión reciente de Java Runtime Environment. Para descargar o actualizar una versión Windows, Mac o Linux visite el siguiente link: `https://www.java.com/es/download/`

## 7.5 Toma y análisis de Datos

1. La aplicación tiene un espacio de trabajo que facilita la simulación de circuitos eléctricos, del menú situado a la derecha puede seleccionarse elementos electrónicos (resistencias, baterías, condensadores, cables de conexión, entre otros) e instrumentos de medida (voltímetros, amperímetros, osciloscopios, entre otros). Antes de comenzar la simulación asegúrese que los controles de simulación ubicados en la parte inferior central, se encuentran como se ilustra en la la figura 7.2 para evitar inconvenientes.

Figura 7.2: Controles para pausar e iniciar la simulación

2. Identifique y arrastre al escenario (espacio de fondo azul) una batería, una resistencia y un capacitor de placas paralelas. A continuación, complete el circuito realizando las uniones con cables como se observa en la figura 7.3. Por último y con un clic derecho sobre cada elemento (batería, resistencia y capacitor) elija la primera opción (Change Voltage, Change Resistance, Change Capacitange) y ajuste los valores a 30 $V$, 10 *Ohms* y $0,12$ *Farads* respectivamente.

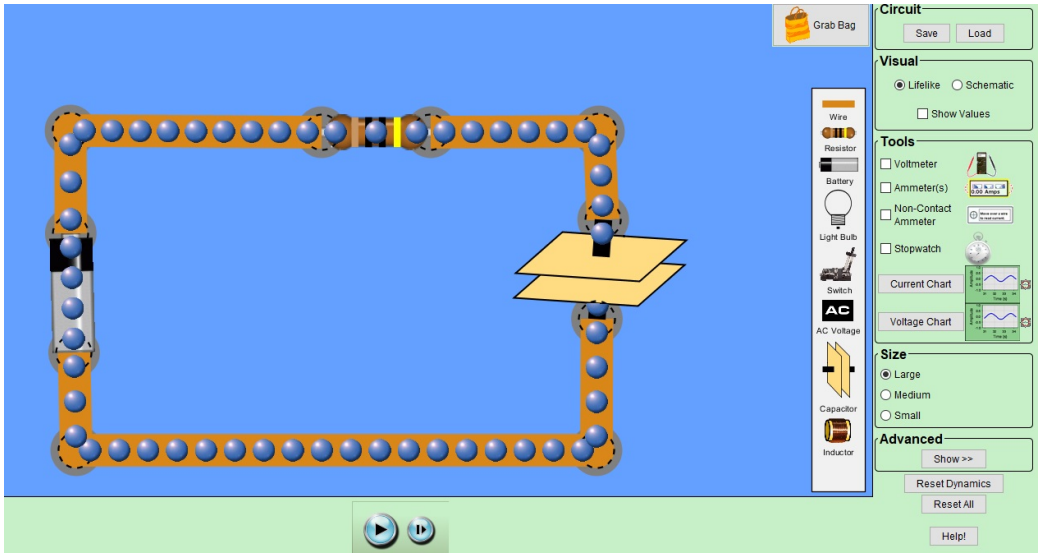


Figura 7.3: Configuración final del circuito RC para su simulación

3. Identifique y arrastre al escenario los siguientes instrumentos de medida: a) un cronometro (Stopwatch) y haga clic en el botón **Start** de este elemento, b) un voltímetro (Voltmeter). Conecte el voltímetro en paralelo con el capacitor. El resultado final de la configuración se puede observar en la figura 7.4.

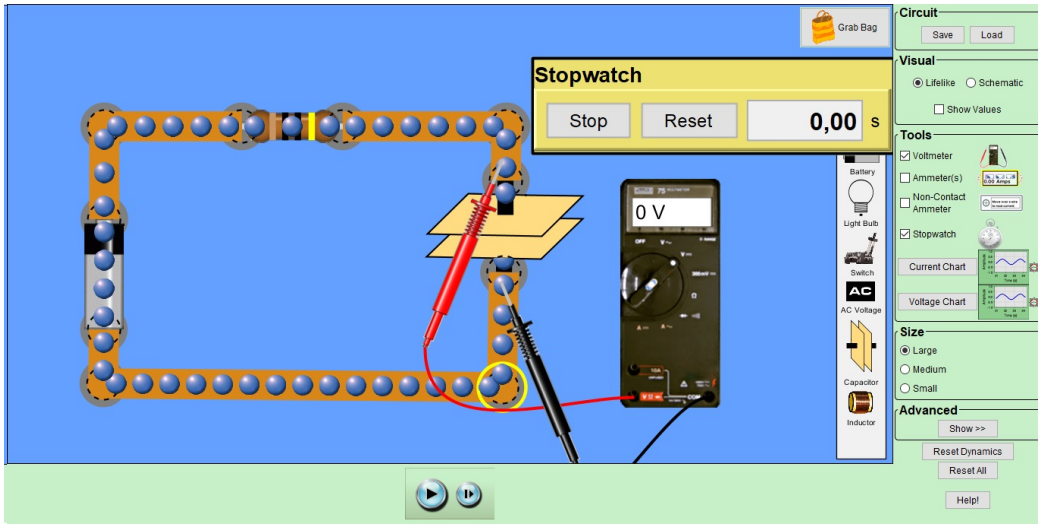


Figura 7.4: Configuración final de los instrumentos de medida en el circuito.

4. **¡MUCHO CUIDADO!** Inicie la simulación **PERO**, llevándola paso a paso, es decir; en vez de hacer clic en el botón play use el botón step. El botón step se encuentra encerrado por el

circulo rojo en la figura 7.5.

Figura 7.5: El botón step (paso) permite avanzar en la simulación paso a paso cada 0,03 $s$. Lo que facilita la toma de medidas.

5. Cada vez que haga clic en el botón step (paso) el tiempo en la simulación avanza 0,03 $s$, por tanto 20 pasos equivalen a un tiempo transcurrido de 0,6 $s$. De esta manera se puede medir el tiempo y voltaje en el condensador con facilidad, complete la información de la tabla 7.2, registrando datos cada 20 pasos (es decir cada 0,6 $s$) hasta que el reloj marque 9,60 $s$.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t(s)$ | 0 | 0,6 | 1,2 | | | | | | | | | | | | | |
| $V_c(v)$ | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 7.2: Datos de voltaje en el condensador vs tiempo.

6. Recuerde que la carga en un capacitor se define por la relación $Q = CV_c$, donde $Q$ es la carga en el capacitor, $C$ el valor de la capacitancia y $V_c$ el potencial en el capacitor. Así, multiplicando cada valor de $V_c$ por el valor de la capacitancia, es posible conocer el valor de la carga $Q$ en cada instante de tiempo. Realice los cálculos usando los datos conseguidos en la tabla 7.2 y registre los nuevos datos en la tabla 7.3.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t(s)$ | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| $Q(c)$ | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 7.3: Datos de $Q$ vs tiempo.

7. Utilice una hoja electrónica, por ejemplo Microsoft Excel, ingrese los datos y obtenga gráficas -xy Dispersión solo puntos- de $V_c$ vs $t$ y $Q$ vs $t$. ¿Qué puede explicar desde la teoría para el comportamiento que se observa en cada una de las gráficas conseguidas?.
8. Mientras el condensador se carga por el circuito fluye una corriente eléctrica que obedece a la variación de la carga en un intervalo de tiempo. $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{Q_f - Q_i}{\Delta t}$. Donde nuestro $\Delta t = 0{,}6\ s$. Para determinar los valores de la corriente en cada instante de tiempo se pueden utilizar los datos de carga consignados en la hoja electrónica. A partir de la segunda fila de datos se puede dividir en 0,6 $s$ la resta del valor de la carga actual $(Q_f)$ con la carga inmediatamente anterior $(Q_i$, como se observa en la figura 7.6.

BUSCARV | =(B3-B2)/0,6

| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| 1 | Tiempo (s) | Carga Q (c) | Corriente I (A) |
| 2 | 0 | 0 | |
| 3 | 0,6 | 1,41636 | =(B3-B2)/0,6 |
| 4 | 1,2 | 2,27556 | |

Figura 7.6: Calculo para obtener la corriente.

9. Arrastre la formula a toda la columna de corriente y realice un gráfico de corriente vs tiempo -xy Dispersión solo puntos-.
10. Agregue a la gráfica una linea de tendencia exponencial y muestre la ecuación que el ajuste le proporciona. ¿Que significado tiene la ecuación encontrada?, ¿Cuales son los valores y parámetros encontrados con la ecuación obtenida del ajuste?.
11. **¡ATENCIÓN!:** Para lo que sigue, es necesario cerrar la simulación y volver a cargarla, garantizando así que ningún valor quede en la memoria del programa.
12. Repita los pasos desde el numeral 1 al numeral 5 teniendo presente que en el numeral 3 no se conectará en paralelo al capacitor sino a la resistencia como se observa en la figura 7.7. En el numeral 5 utilice la tabla 7.4 para registrar los valores del voltaje medido en la resistencia $V_R$.

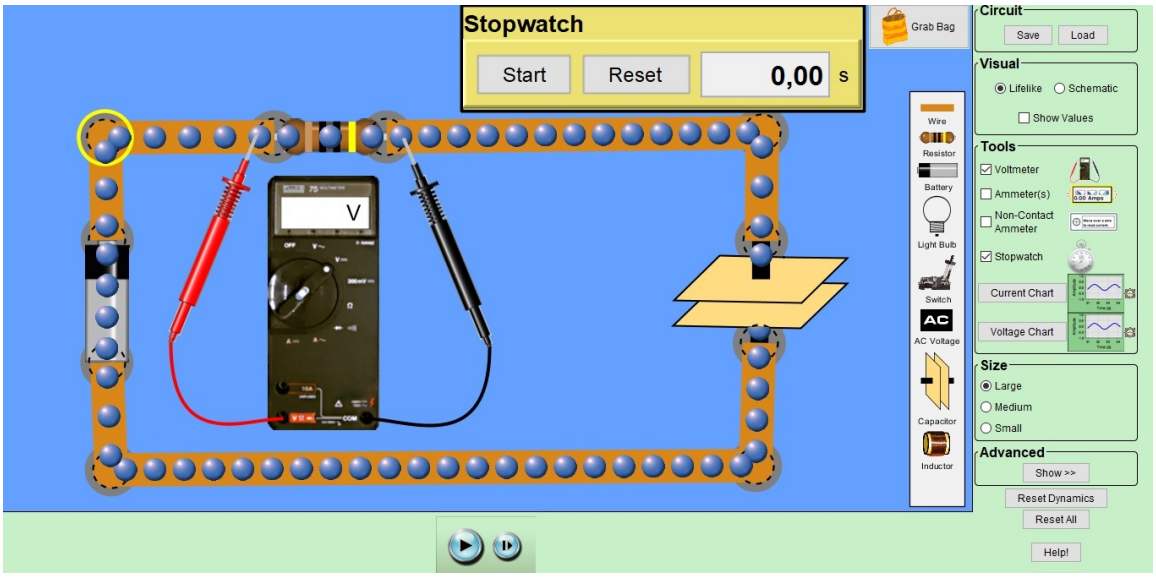


Figura 7.7: Configuración final para tomar datos en la resistencia.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t(s)$ | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| $V_R(v)$ | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 7.4: Datos de $V_R$ vs tiempo.

13. Realice un gráfico de $V_R$ vs $t$ con los datos de la tabla 7.4. ¿Qué significa el comportamiento que observa con estos datos? Compare y explique este comportamiento con el conseguido en la gráfica de $V_c$ vs $t$ del numeral 7.
14. Recuerde que una resistencia es un material ohmnico, es decir, un dispositivo que obedece a la ley de ohm $V_R = IR$, con $V_R$ como el voltaje en la resistencia, $I$ la corriente del circuito y $R$ el valor de la resistencia. Despeje la corriente eléctrica $I$, use los datos de la tabla 7.4 para calcular $I$ en cada tiempo. Realice un gráfico de corriente vs tiempo. ¿Qué significa el comportamiento que observa en esta gráfica? Compare el gráfico obtenido con el conseguido en el numeral 9, ¿Puede afirmar que describen la misma corriente?
15. Agregue a la gráfica una linea de tendencia exponencial y muestre la ecuación que el ajuste le proporciona. ¿Que significado tiene la ecuación encontrada?, ¿Cuales son los valores y parámetros encontrados con la ecuación obtenida del ajuste?. Compare y explique con los resultados conseguidos en numeral 10.
16. Haciendo uso de cálculos, descripciones y gráficas detalle qué sucedería con los resultados conseguidos hasta el numeral 15 si el valor de la capacitancia se duplicara. Es decir, $C = 0,24$ $Farad$.
17. Haciendo uso de cálculos, descripciones y gráficas detalle qué sucedería con los resultados conseguidos hasta hasta el numeral 15 si el valor de la resistencia se duplicara. Es decir, $R = 20$ $ohms$.

## 7.6 Referencias


SEARS, F. W., ZEMANSKY, M. W. Y YOUNG, H. D. : Física Universitaria. Addison - Wesley Iberoamericana.

TIPLER, P. A.: “Física”. Vol. I. Ed. Reverte, Barcelona.

SERWAY, R. A.: “Física”. Tomo I McGraw- Hill (2002).