

Métodos Experimentales FI2003

Profesor: Rafael Pujada

Departamento de Ciencia de los Materiales (DCM)

Oficina y Laboratorio: 2do piso DCM

brpujada@ing.uchile.cl

Semestre: Primavera 2010

Cátedras: Miércoles 16:15 – 17:45 (Sala F20)

Laboratorio sección 6: Martes 14:30 – 17:45

Laboratorio sección 5: Viernes 08:30 – 11:45

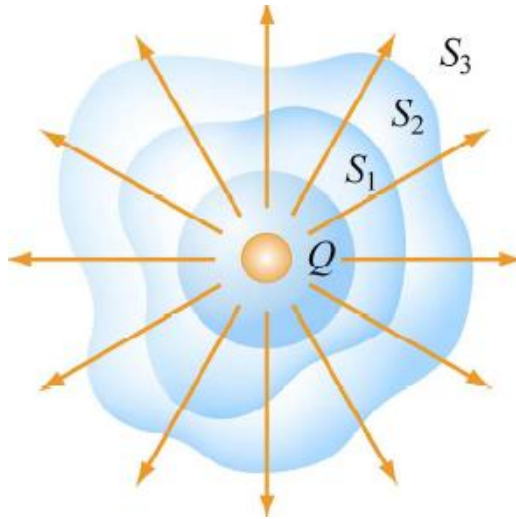
Control: Jueves 18:00 – 21:00

Unidad 1: Corriente continua

Temas a ser estudiados:

1. Ley de Gauss
2. Condensador
3. Asociación de capacitores
4. Circuito RC
5. Laboratorio 2

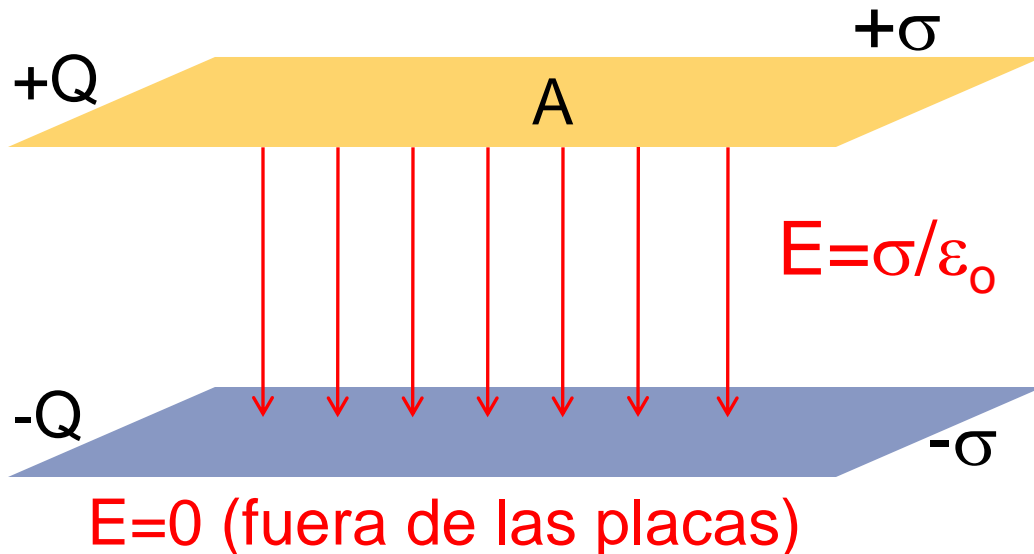
Ley de Gauss



El flujo total de líneas de campo que entran en cualquiera de las superficies es el mismo y depende solo de la carga Q .

$$\Phi_E = \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \text{Ley de Gauss}$$

Donde Φ_E es el flujo eléctrico y S la superficie cerrada y dA es el elemento de área normal a la superficie.



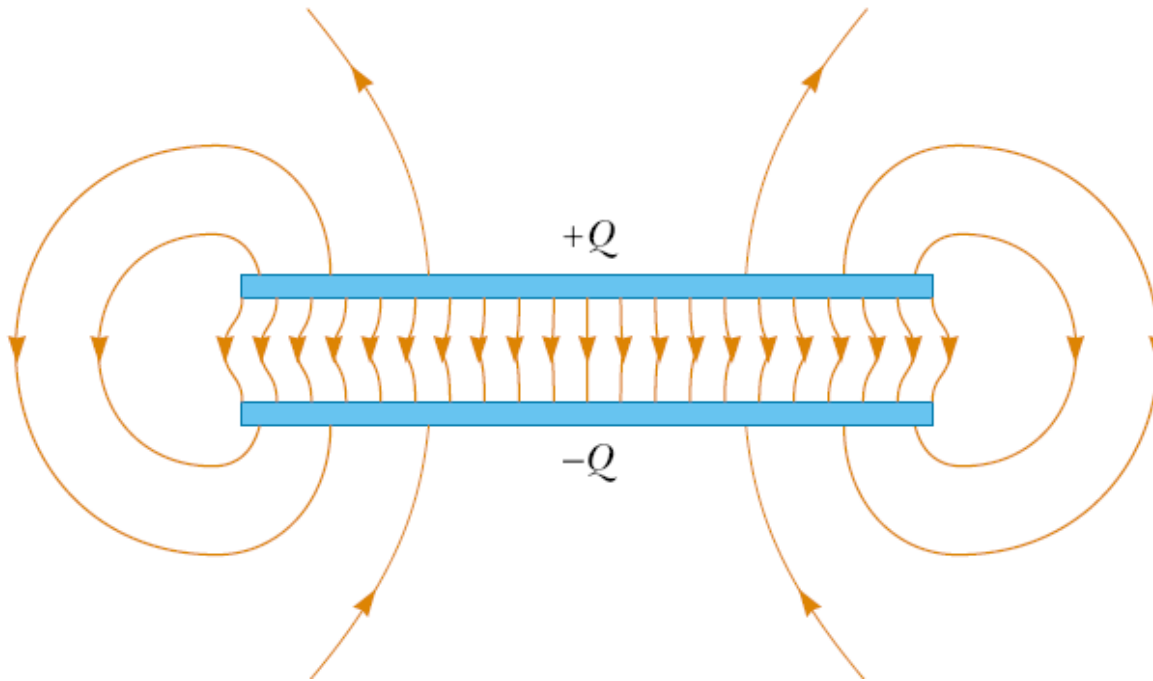
A partir de la ley de Gauss es posible demostrar que para dos placas paralelas infinitas el campo eléctrico entre las placas viene dado por:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

donde $\sigma = \frac{Q}{A}$ es la densidad superficial de carga.

Ley de Gauss

En una situación real el campo eléctrico entre dos placas paralelas presenta distorsiones en los bordes (efectos de borde) e por tanto deja de ser perpendicular a las placas.

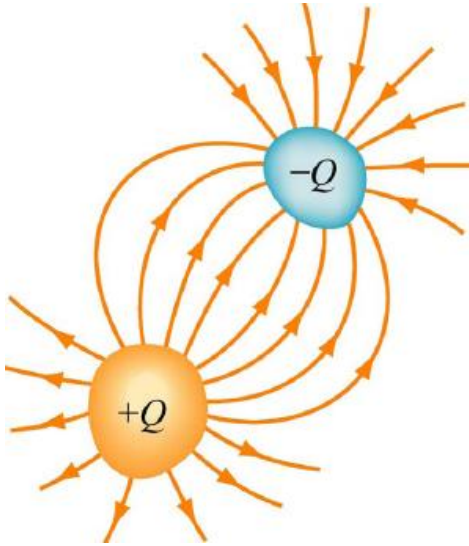


En adelante ignoraremos efectos de borde entre las placas y trataremos al campo eléctrico como perpendicular a las placas y de valor:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Condensador

Un condensador es un dispositivo que almacena energía eléctrica.



Condensadores varían en forma y tamaño pero la configuración básica es el de dos conductores con igual valor de cargas pero de signos puestos y separados por una diferencia de potencial ΔV .

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

Capacidad del condensador

Entre sus aplicaciones tenemos:

Baterías y memorias, por su cualidad de almacenar energía

Amplificadores de radio y frecuencias.

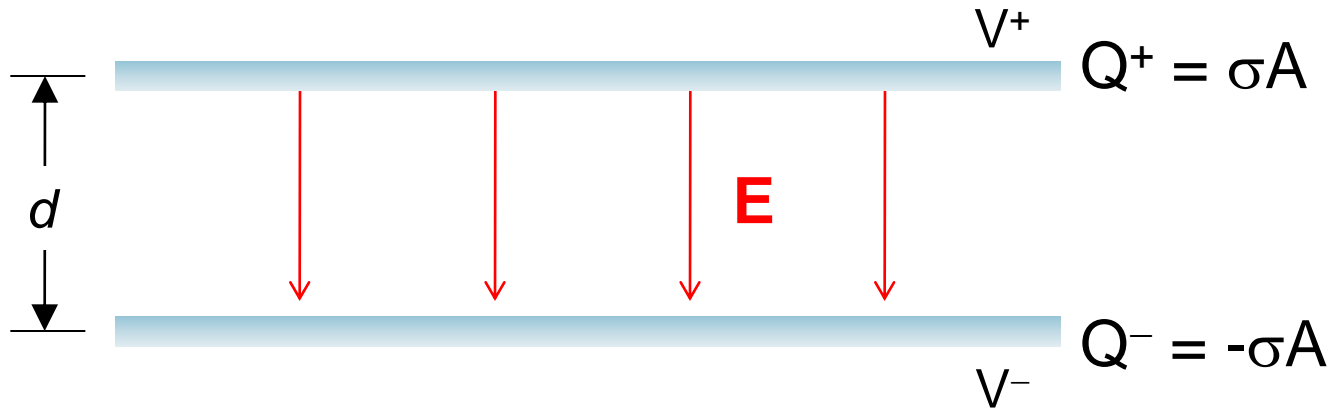
Filtros y rectificadores.

Flash de las cámaras fotográficas.

Tubos fluorescentes.

Mantener corriente en el circuito y evitar caídas de tensión.

Condensador



$$E = \sigma / \epsilon_0$$

σ : densidad superficial de carga

$$V = V^+ - V^- = \int_0^d \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} = Ed = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d = \frac{d}{\epsilon_0 A} Q$$



$$V = \frac{d}{\epsilon_0 A} Q$$

Definimos la capacidad C de un condensador de placas paralelas como:

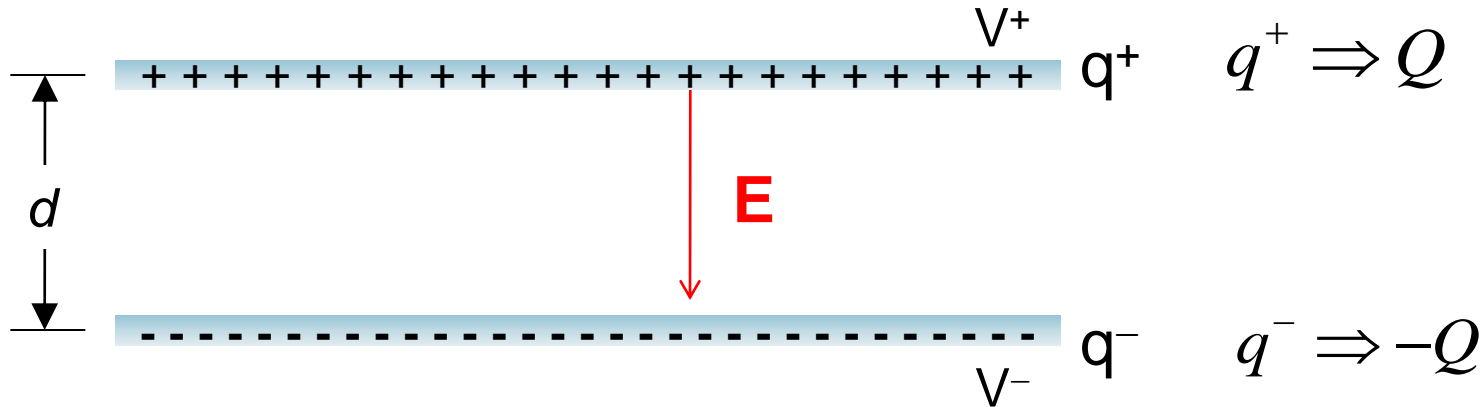
$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



$$Q = CV$$

C depende de los factores geométricos A y d y su unidad es el Faradio F.

Condensador



Cual es el trabajo externo realizado para llevar una carga positiva dq desde la placa inferior a la superior?

$$dW = Vdq = \frac{q}{C} dq$$

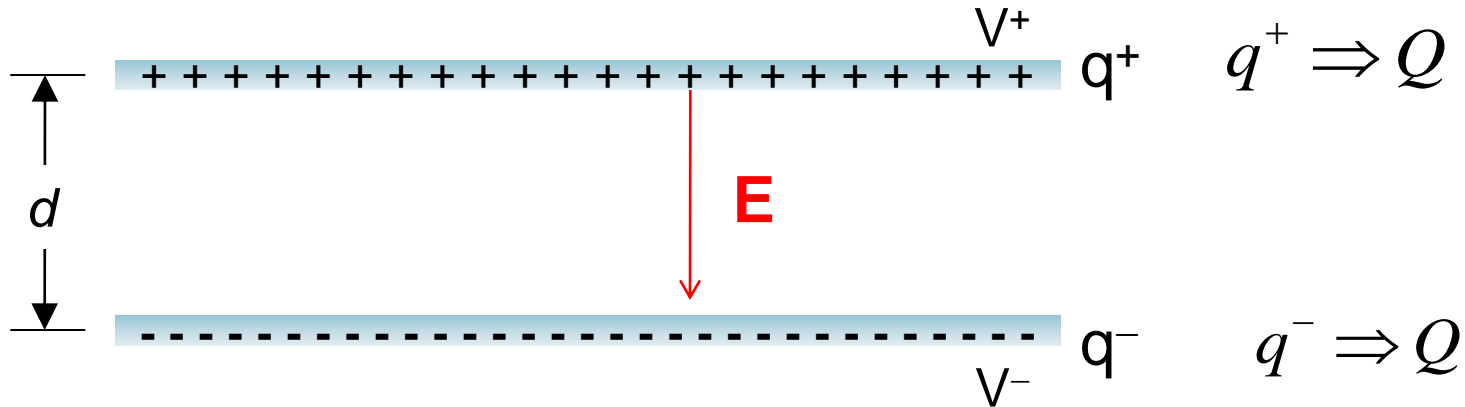
Entonces la cantidad total de trabajo para almacenar una carga Q es:

$$\Rightarrow W = \int_0^Q dW = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{Q^2}{2C}$$

Por tanto la energía potencial electrostática (almacenada) en el condensador es:

$$U_E = \frac{Q^2}{2C} = \frac{QV}{2} = \frac{1}{2} CV^2$$

Condensador



Podemos pensar la energía almacenada en el condensador como siendo almacenada en el mismo campo eléctrico.

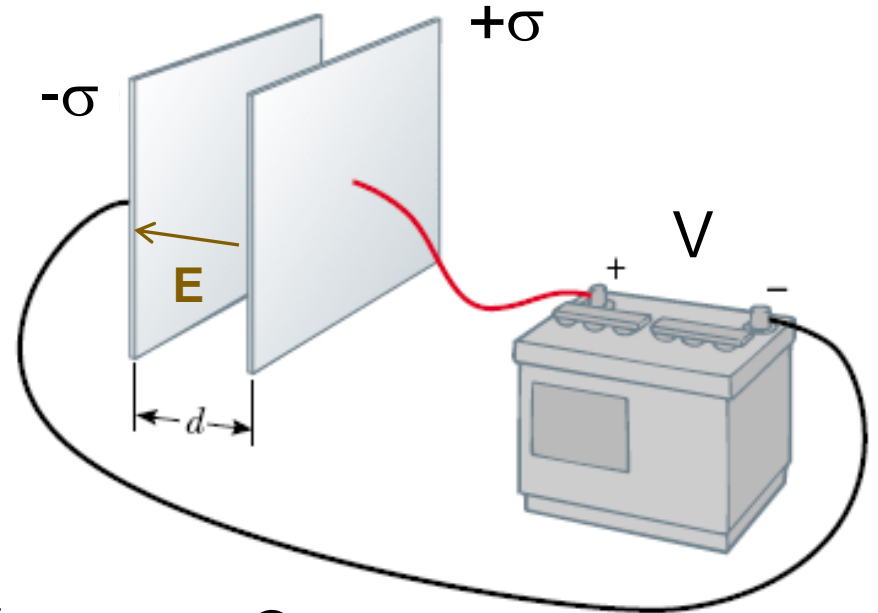
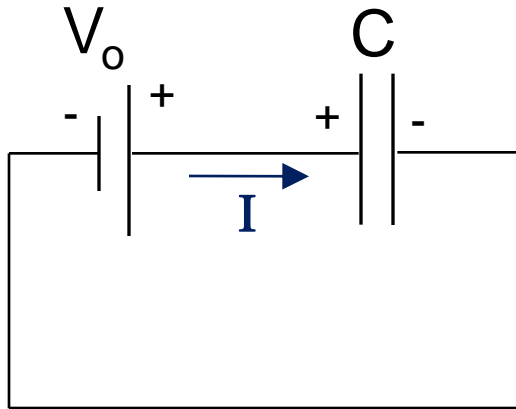
$$U_E = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} (Ed)^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 (Ad)$$

Definimos la densidad de energía eléctrica como:

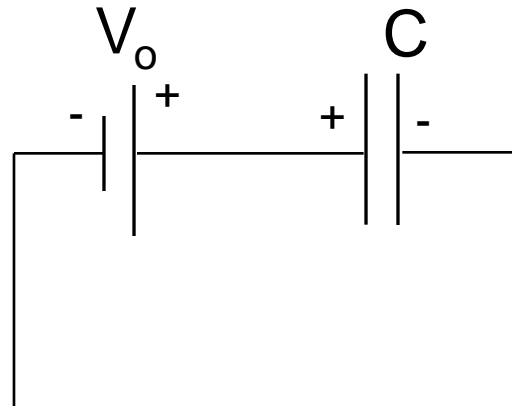
$$u_E = \frac{U_E}{Volume} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Condensador

Condensadores pueden ser cargados conectando las dos placas a los terminales de una batería (fuente de poder) de diferencia de potencial V .

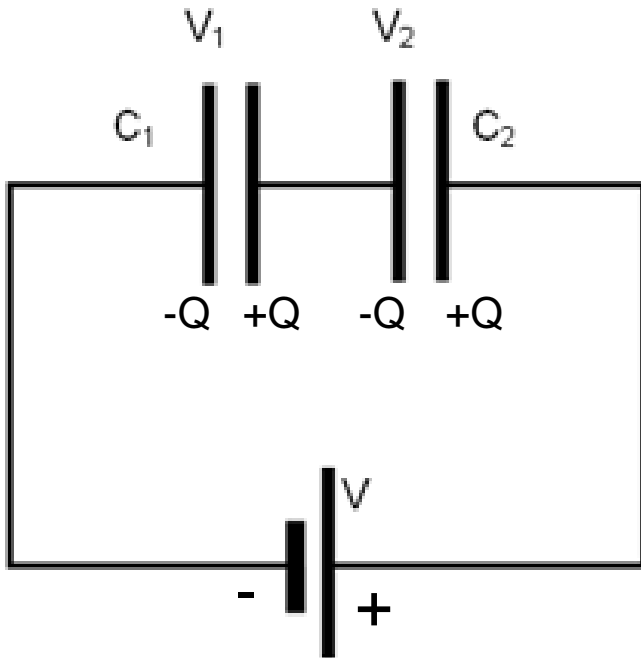


Cuando el condensador está completamente cargado la corriente deja de circular.



Asociación de condensador

Los condensadores pueden ser asociados en serie:



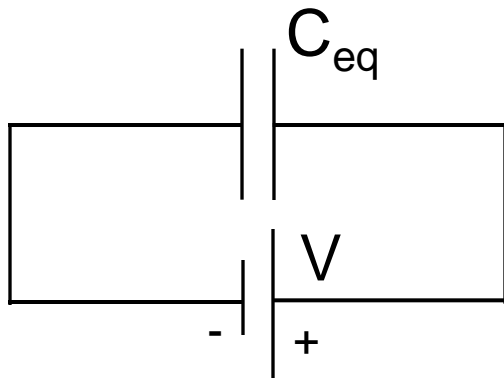
donde: $V_1 = \frac{Q}{C_1}$ $V_2 = \frac{Q}{C_2}$

como: $V = V_1 + V_2$

entonces: $\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

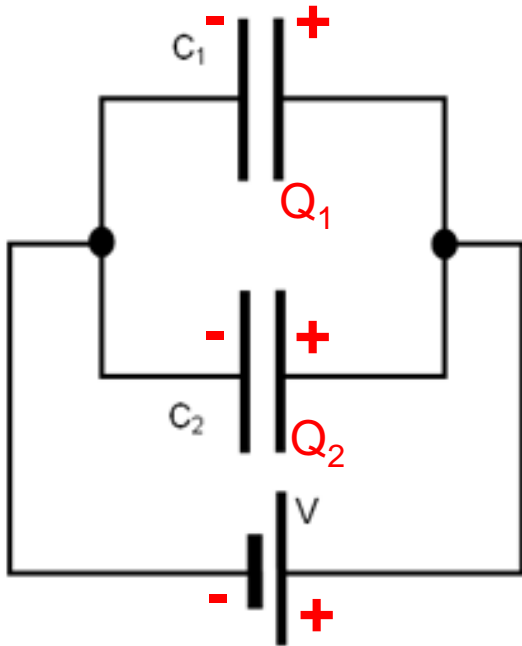


Para N condensadores en serie:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$$

Asociación de condensador

Los condensadores pueden ser asociados también en paralelo



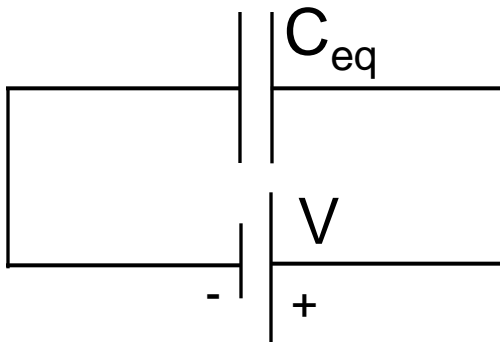
La diferencia de potencial eléctrico V es la misma entre las placas de los dos condensadores conectados en paralelo.

$$C_1 = \frac{Q_1}{V} \quad C_2 = \frac{Q_2}{V}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = C_1V + C_2V$$

$$Q_T = C_1V + C_2V \quad (C_1 + C_2)V = C_{eq}V$$

➔ $C_{eq} = C_1 + C_2$

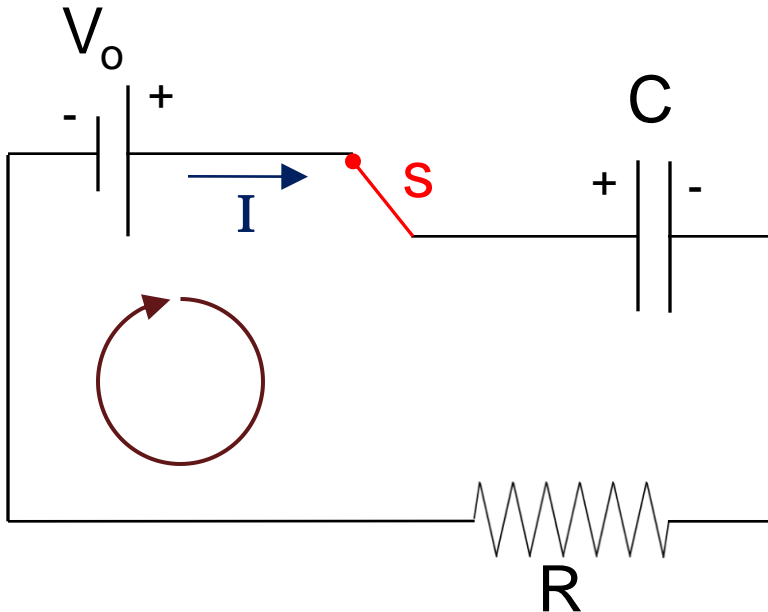


Para N condensadores en paralelo:

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^N C_i$$

Circuito RC

Consideremos el siguiente circuito RC donde a $t=0$, $V_c=0$ (el condensador esta completamente descargado)



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

$$V_R = IR$$

Aplicando la segunda regla de Kirchhoff en el sentido horario:

$$V_o - V_c - IR = 0$$

Reemplazando: $I = \frac{dQ}{dt}$ $V_c = \frac{Q}{C}$

$$\frac{Q}{C} + R \frac{dQ}{dt} - V_o = 0$$

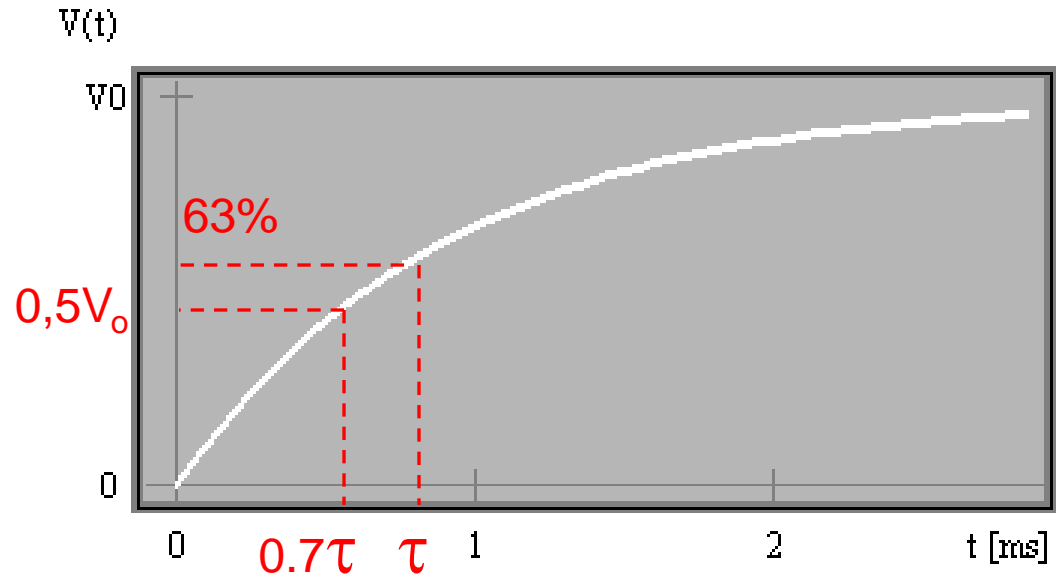
Solución

$$Q = V_o C \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Circuito RC

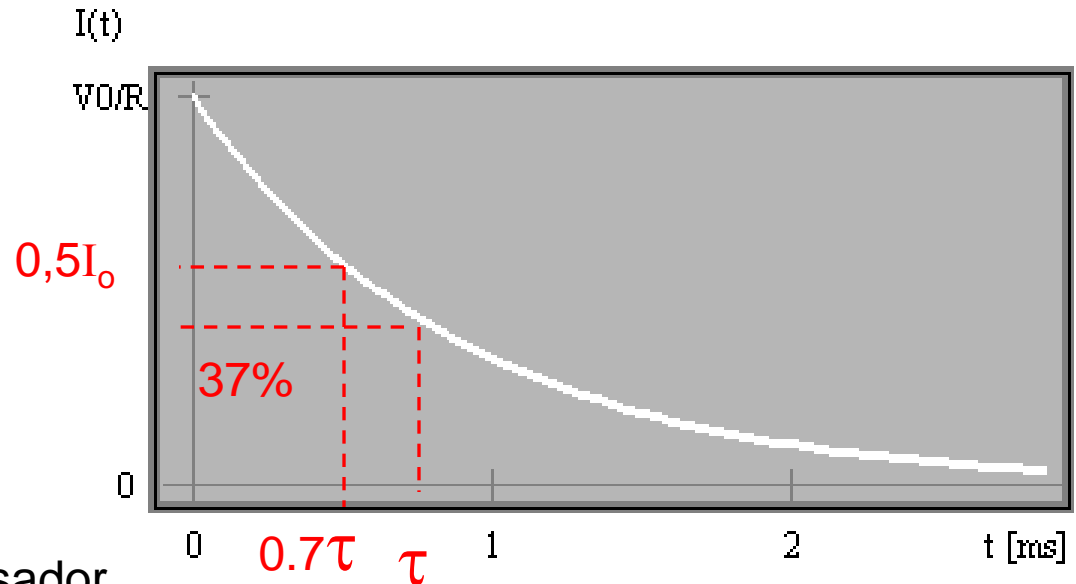
$$V_c = V_o \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

$$t = \tau = RC \Rightarrow V_c = 0,63V_o$$



$$I = \frac{V_o}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

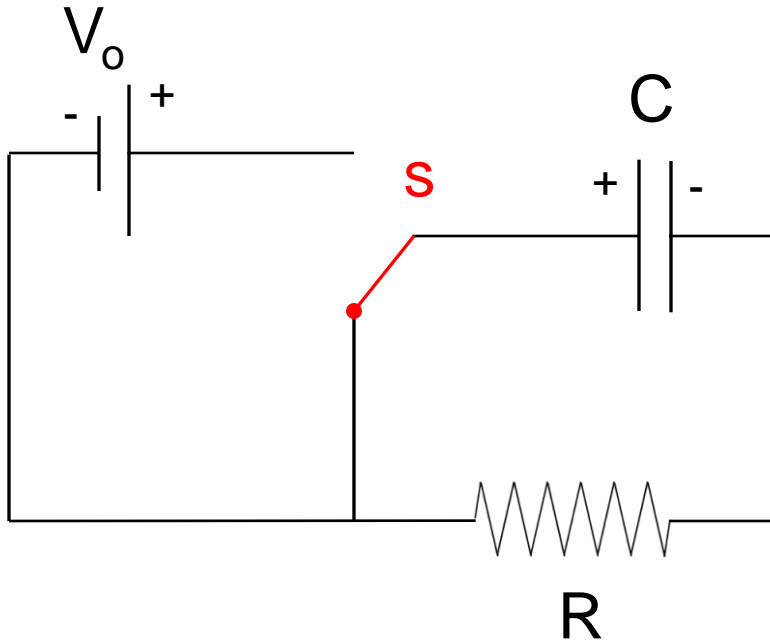
$$t = \tau = RC \Rightarrow I = 0,37 \frac{V_o}{R}$$



τ : constante de tiempo del condensador

Descarga del circuito RC

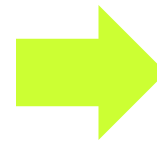
En el circuito RC, cerramos la llave eliminando la fuente (el condensador esta completamente cargado)



$$\frac{Q}{C} + R \frac{dQ}{dt} - V_o = 0$$

Eliminando V_o tenemos:

$$\frac{Q}{C} + R \frac{dQ}{dt} = 0$$



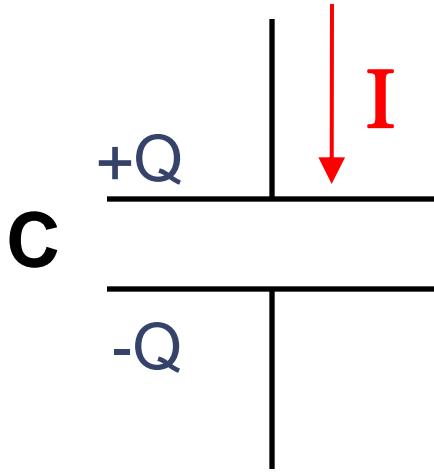
$$Q = Q_o e^{-\frac{t}{RC}}$$

Donde $Q_o = CV_o$ es la carga inicial del condensador.

$$V_c(t) = \frac{Q(t)}{C} = \frac{Q_o}{C} e^{-\frac{t}{RC}}$$

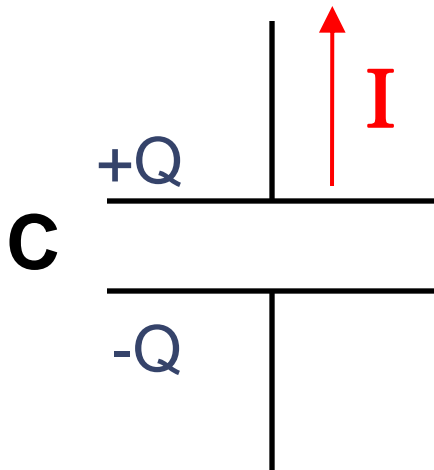
$$I = -\frac{dQ}{dt} = \frac{Q_o}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

Descarga del circuito RC



Condensador se esta cargando

$$I = + \frac{dQ}{dt}$$



Condensador se esta descargando

$$I = - \frac{dQ}{dt}$$

Laboratorio 2

Asociación de condensadores

(Capacidad en serie, paralelo y combinaciones)

Carga de un condensador

(Medición de circuito RC)

Estudio de un circuito RC

(Mediciones en circuito RC)