

Bloque I. Introducción a la electricidad y el magnetismo

Tema I. Electromagnetismo.



Universidad
Rey Juan Carlos

M^a Jesús Algar Díaz
José San Martín

Ángel Serrano Sánchez de León

1. Campo eléctrico

- Carga eléctrica.
- Ley de Coulomb.
- Potencial eléctrico.
- Principio de superposición.
- Flujo eléctrico: Teorema de Gauss.

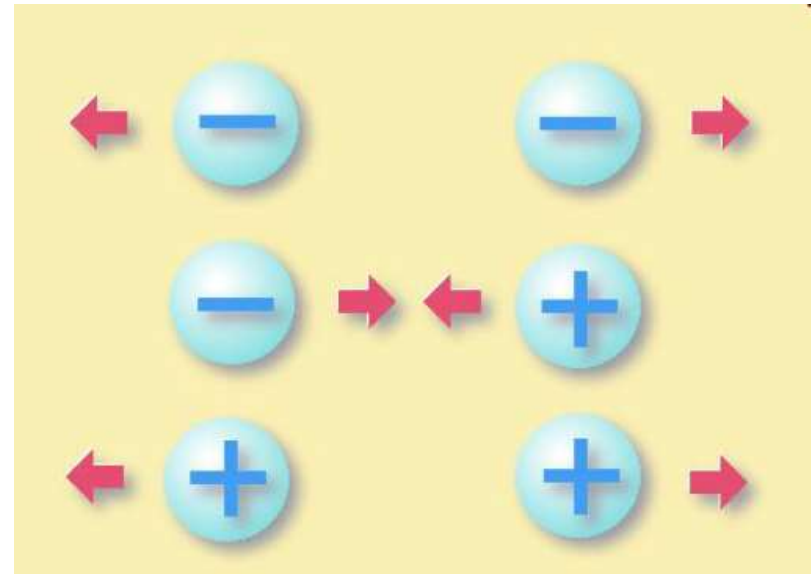
2. Condensadores

- Condensador plano.
- Campo eléctrico creado por un condensador.
- Capacidad de un condensador.
- Funcionamiento.
- Energía de un condensador.
- Memoria dinámica DRAM.

I. Campo eléctrico.

Carga eléctrica.

- **Carga eléctrica:** propiedad intrínseca de algunas partículas. Podemos clasificarla como:
 - + ➡ **carencia** de e^- .
 - - ➡ **exceso** de e^- .
- Atracción - repulsión de cargas:



https://es.wikipedia.org/wiki/Carga_el%C3%A9ctrica

I. Campo eléctrico.

Carga eléctrica.

- **Unidad de carga eléctrica** en SI: Culombio (**C**)
 - Cantidad de carga transportada por $I = 1A$ en 1s.
 - Cantidad de carga que a la distancia de 1m ejerce sobre otra cantidad de carga igual, la $F = 9 \times 10^9 N$.
- Carga elemental: $e^- = 1,602564 \times 10^{-19} \text{ C}$
 - La carga eléctrica está **cuantizada** (no puede tomar cualquier valor)
 - Toda carga es siempre un múltiplo de la carga elemental
 - $6,241 \times 10^{18} e^- = -1 \text{ C}$.

I. Campo eléctrico.

Ley de Coulomb

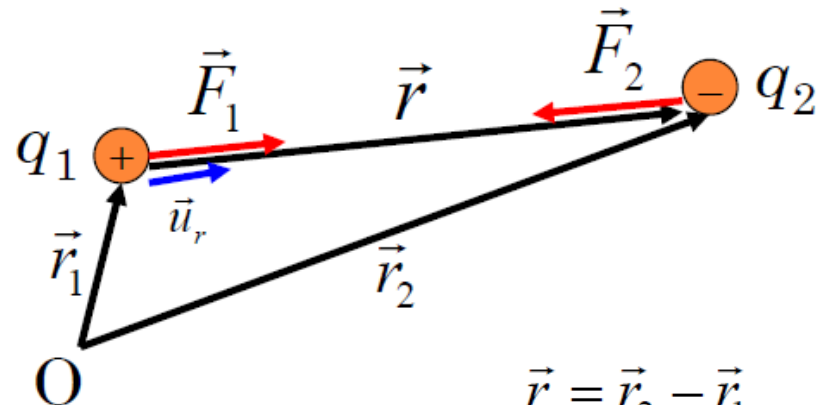
- **Ley de Coulomb:** La **fuerza** de atracción o repulsión entre dos **cargas puntuales** (q_1 y q_2) es directamente proporcional al producto de las dos cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$\vec{F} = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}_r$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

K = constante de proporcionalidad
 $= 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

ϵ_0 = permitividad del vacío =
 $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$



$$\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

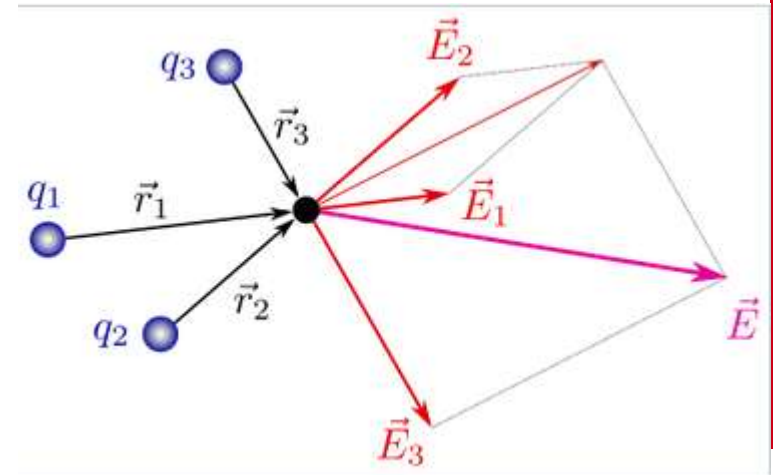
$$\vec{u}_r = \frac{\vec{r}}{r}$$

- **Principio de superposición:** fuerza que ejercen n cargas sobre Q, suma vectorial.

I. Campo eléctrico.

Campo eléctrico.

- \exists **campo eléctrico** en una región del espacio cuando una carga eléctrica colocada en un punto experimenta una fuerza eléctrica.
- Propiedades:
 - Es **central** (se dirige hacia la carga que lo crea)
 - Es **conservativo** (la fuerza central solo depende de la distancia)
 - La fuerza central que se origina es la que indica la **ley de Coulomb**.



https://es.wikipedia.org/wiki/Campo_el%C3%A9ctrico

I. Campo eléctrico.

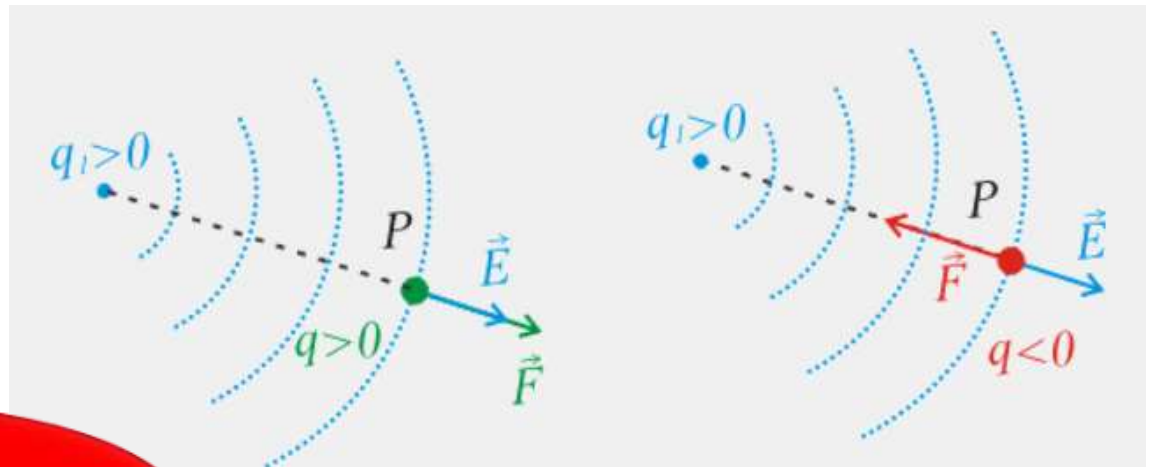
Campo eléctrico.

- Intensidad de campo eléctrico en un punto A situado a una distancia r del origen de la carga Q : Fuerza eléctrica por unidad de carga.
- Unidad: **N C⁻¹** (V m⁻¹)

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

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$$

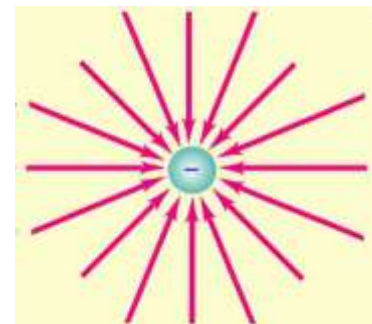
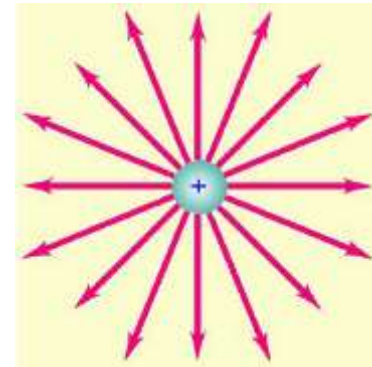
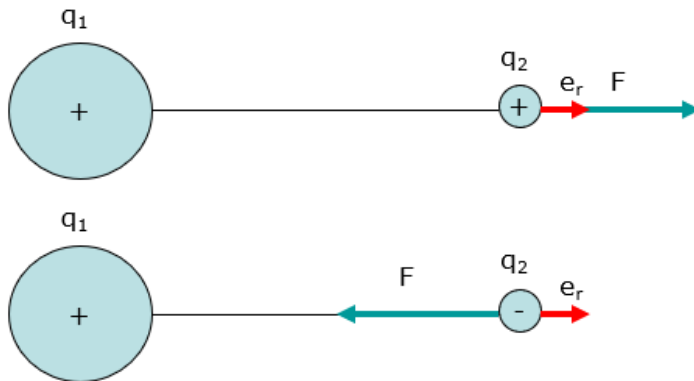
Se obtiene
aplicando la Ley de
Coulomb.



I. Campo eléctrico.

Campo eléctrico.

- **Líneas de campo:** líneas **imaginarias** que marcan la dirección del campo en todo punto del espacio



I. Campo eléctrico.

Potencial eléctrico.

- **Potencial electrostático** en un punto A: **trabajo** que hay que realizar en **contra** del **campo** eléctrico para trasladar una unidad de carga positiva desde el infinito hasta el punto A.
- Unidad: Voltios (V)

$$\frac{W^A}{q} = \int_{\infty}^A \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{\infty}^A \frac{\vec{u}_r \cdot d\vec{r}}{r^2} =$$

$$= -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{\infty}^A \frac{dr}{r^2} = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(-\frac{1}{r} \right) \Big|_{\infty}^A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r_A} \equiv V_A$$

Caracteriza cada punto del campo

$$\vec{E}_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r_A^2} \longrightarrow |\vec{E}_A| = \frac{V_A}{r_A}$$



I. Campo eléctrico.

Potencial eléctrico.

- **Diferencia de Potencial electrostático** entre dos puntos: **trabajo** que hay que realizar en **contra** del **campo** eléctrico para trasladar una unidad de carga positiva desde un punto A hasta un punto B.
- Unidad: Voltios (V)

$$\frac{W_{\text{contra}}^{AB}}{q} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_A^B \frac{\vec{u}_r \cdot d\vec{r}}{r^2} = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_A^B \frac{dr}{r^2} = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(-\frac{1}{r} \right) \Big|_A^B = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right) \equiv V_B - V_A$$

I. Campo eléctrico.

Potencial eléctrico.

- **Energía Potencial eléctrica** en un punto A de un campo eléctrico: trabajo realizado por la fuerza central para trasladar su punto de aplicación desde el infinito hasta A.
- Unidad: Julios (J)

$$E_P^A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r_A} = qV_A$$

$$E_P^A \neq V_A$$

V_A : valor escalar en cada punto del campo

E_P^A : energía de una carga q en un punto A de un campo



I. Campo eléctrico.

Potencial eléctrico.

- **Variación de Energía Potencial eléctrica** entre dos puntos A y B: trabajo realizado por la fuerza central para trasladar su punto de aplicación desde A hasta B.

$$W_{campo}^{AB} = -(E_P^B - E_P^A) = E_P^A - E_P^B = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

- Si $Q > 0$ y $q > 0 \longrightarrow W_{campo}^{AB} > 0$ (lo realiza el campo eléctrico)
- Si $Q < 0$ y $q < 0 \longrightarrow W_{campo}^{AB} > 0$ (lo realiza el campo eléctrico)
- Si Q y q son de signo opuesto \longrightarrow se atraen, el trabajo lo realiza una fuerza externa para separarlas.

No depende del camino ¡sólo
posición inicial y final!



I. Campo eléctrico.

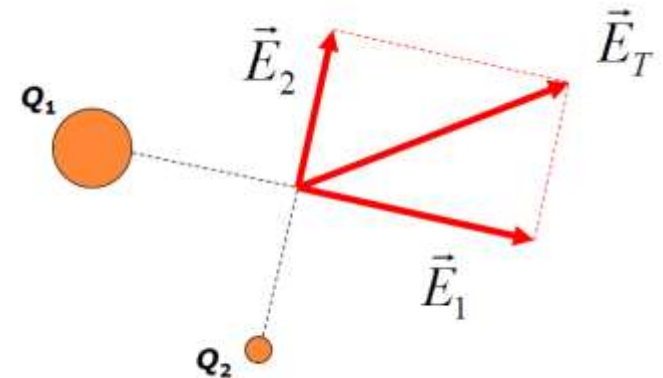
Principio de superposición.

- Para **campo eléctrico**: suma vectorial de las intensidades de campo eléctrico creados por cada carga.

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

$$\vec{E}_T = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{Q_1}{r_1^2} \vec{u}_{r_1} + \frac{Q_2}{r_2^2} \vec{u}_{r_2} + \dots + \frac{Q_n}{r_n^2} \vec{u}_{r_n} \right)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i^2} \vec{u}_{r_i}$$



¡SUMA VECTORIAL!

I. Campo eléctrico.

1.5 Principio de superposición.

- Para **potencial eléctrico**: el potencial eléctrico en un punto es la suma del potencial creado por cada carga por separado.

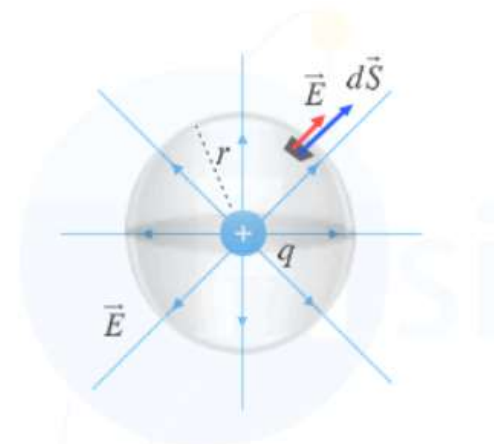
$$V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i}$$

I. Campo eléctrico.

1.6 Flujo eléctrico: Teorema de Gauss.

- **Flujo eléctrico** = nº de líneas de E que atraviesan una superficie.
 - Magnitud **escalar**
 - **Independiente** del **radio** de la esfera
 - Unidades: **N m² C⁻¹ (V m)**

$$\phi = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$$



<https://www.fisicalab.com/apartado/teorema-gauss>

- Si el campo es uniforme a lo largo de la superficie

$$\phi = \vec{E} \cdot \vec{S} = ES \cos \theta$$

I. Campo eléctrico.

1.6 Flujo eléctrico: Teorema de Gauss.

- **Teorema de Gauss:** el flujo total de un campo eléctrico a través de una superficie cerrada es igual al cociente entre la suma de las cargas dentro del volumen encerrado por la superficie y la permitividad del vacío ϵ_0 .

$$\phi = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum_i Q_i}{\epsilon_0}$$



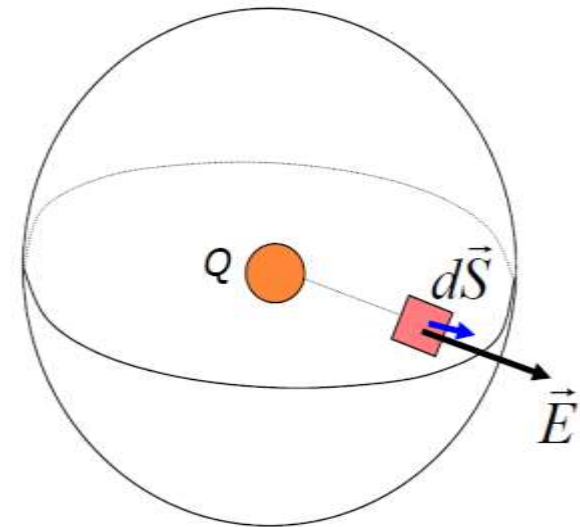
Si $\exists \phi$ a través de una $S \rightarrow \exists$ carga neta $\neq 0$

I. Campo eléctrico.

1.6 Flujo eléctrico: Teorema de Gauss. Aplicaciones

- Campo eléctrico creado por una cargada puntual Q:

$$\begin{aligned}\phi &= \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \oint_S \vec{u}_r \cdot d\vec{S} = E \oint_S dS = \\ &= E 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}\end{aligned}$$



- Simetría del problema:

\vec{E} siempre perpendicular a la superficie \Rightarrow paralelo a $d\vec{S}$.

I. Campo eléctrico.

1.6 Flujo eléctrico: Teorema de Gauss. Aplicaciones

- **Campo eléctrico creado por una esfera uniformemente cargada:**

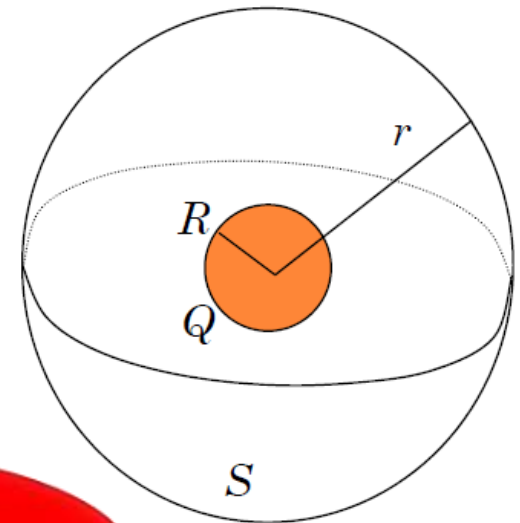
$$\phi = \oint_S \vec{E}_e \cdot d\vec{S} = E_e \oint_S \vec{u}_r \cdot d\vec{S} = E_e \oint_S dS = E_e 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

- Simetría: \vec{E} perpendicular a la superficie de la esfera.



Es una integral de superficie en la superficie de la esfera



I. Campo eléctrico.

1.6 Flujo eléctrico: Teorema de Gauss. Aplicaciones

- Campo eléctrico creado por un plano uniformemente cargado:

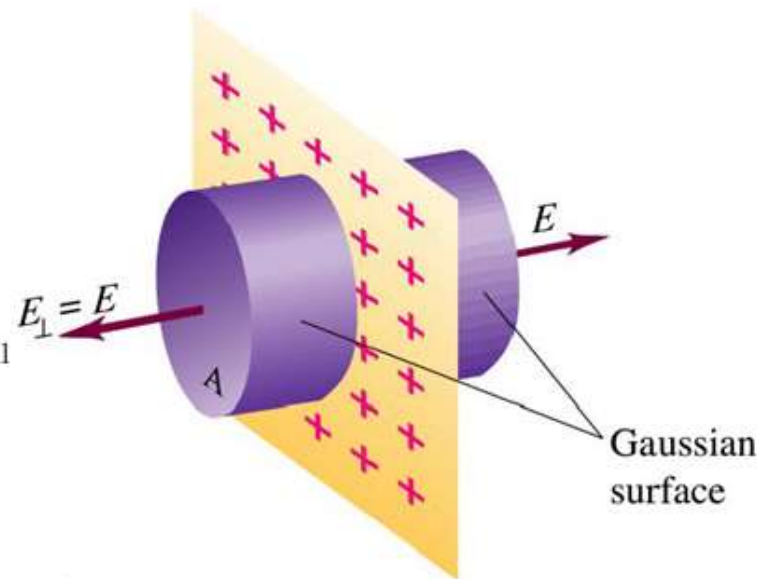
$$\phi = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = ES + ES + 0 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$



$$E = \frac{Q}{2S\epsilon_0} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\sigma = \frac{Q}{S} \quad \text{Densidad superficial de carga}$$

!!Son dos superficies!!



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

- Simetría: \vec{E} de cada lado perpendicular al plano.

I. Campo eléctrico.

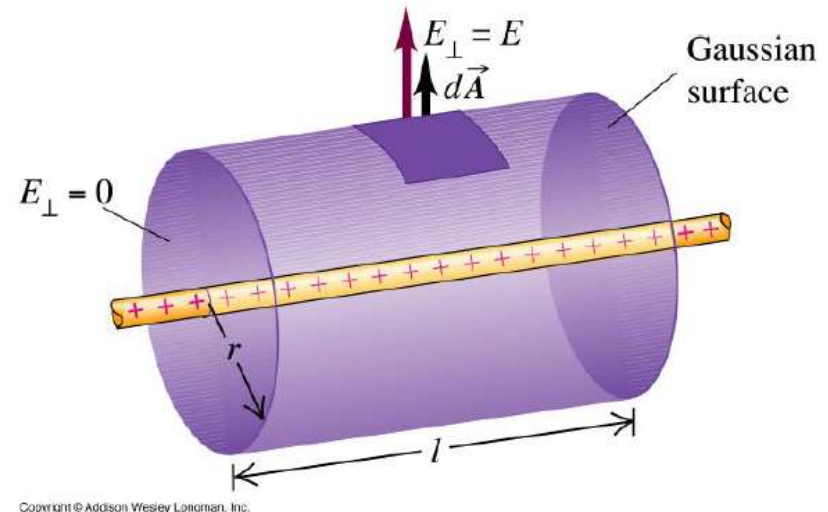
1.6 Flujo eléctrico: Teorema de Gauss. Aplicaciones

- Campo eléctrico creado por un conductor infinito uniformemente cargado:**

$$\phi = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = E 2\pi r L + 0 + 0 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{2\pi r L \epsilon_0} = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon_0}$$

$$\lambda = \frac{Q}{L} \quad \text{Densidad lineal de carga}$$



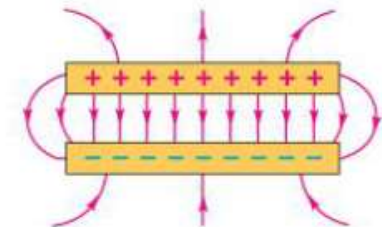
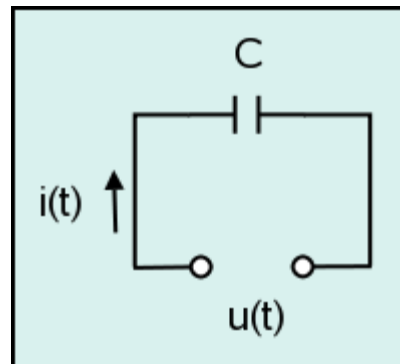
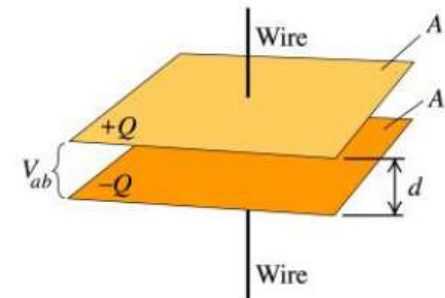
\vec{E} solo atraviesa superficie lateral

- Simetría: \vec{E} debe ser perpendicular al conductor (sin componente tangencial)

2. Condensadores.

2.1 Condensador plano

- Definición: dispositivo que almacena energía eléctrica en pequeñas cantidades.
 - 2 superficies conductoras separadas por material aislante (dieléctrico)
 - Sometido a d.d.p. \Rightarrow placas adquieren carga eléctrica de polaridad opuesta.



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

2. Condensadores.

2.3 Capacidad de un condensador

- Definición: relación que existe entre la diferencia de potencial entre las placas y la carga almacenada.

$$C = \frac{Q_1}{V_1 - V_2} = \frac{Q_2}{V_2 - V_1}$$

- Unidad: Faradios (**F**)
 - μF : 10^{-6}
 - nF : 10^{-9}
 - pF : 10^{-12}

F es una unidad
muy grande



2. Condensadores.

2.3 Capacidad de un condensador

- Se demuestra que la capacidad de un condensador sólo va a depender de la **geometría** de las dos placas y de la **separación** entre ambas.

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

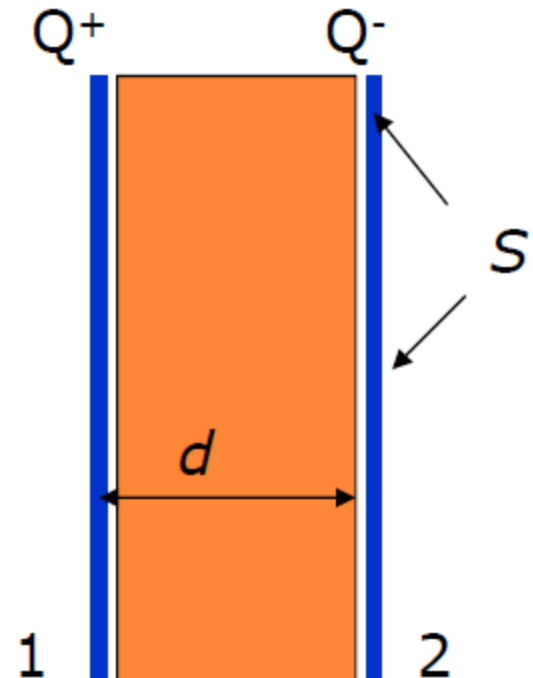
Siendo:

ϵ_0 : permitividad del vacío

ϵ_r : permitividad relativa del dieléctrico

S : área de las placas

d : distancia entre las placas

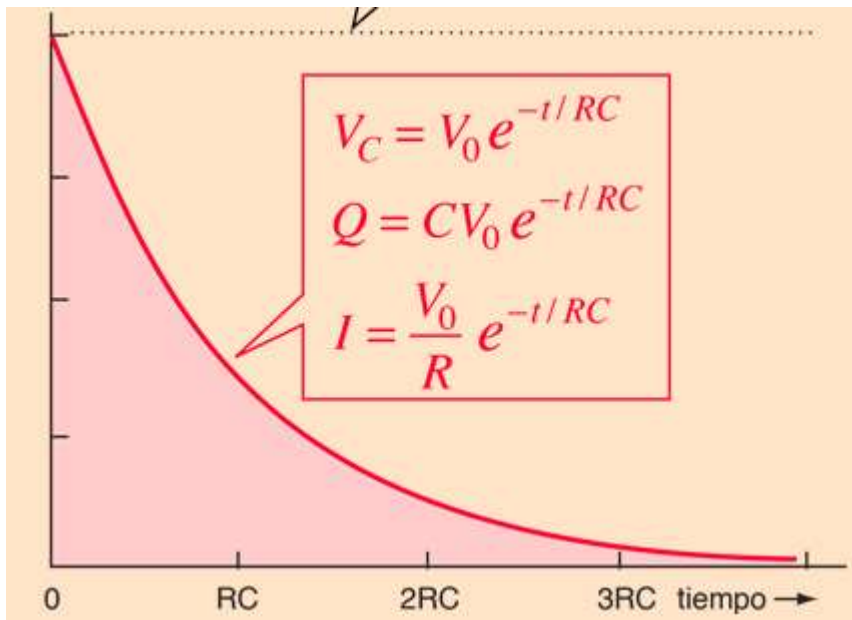


2. Condensadores.

2.4 Funcionamiento

- **Constante de tiempo de un circuito RC** (resistencia y condensador):
 - Tiempo que tarda en descargarse el condensador.

$$T = RC$$



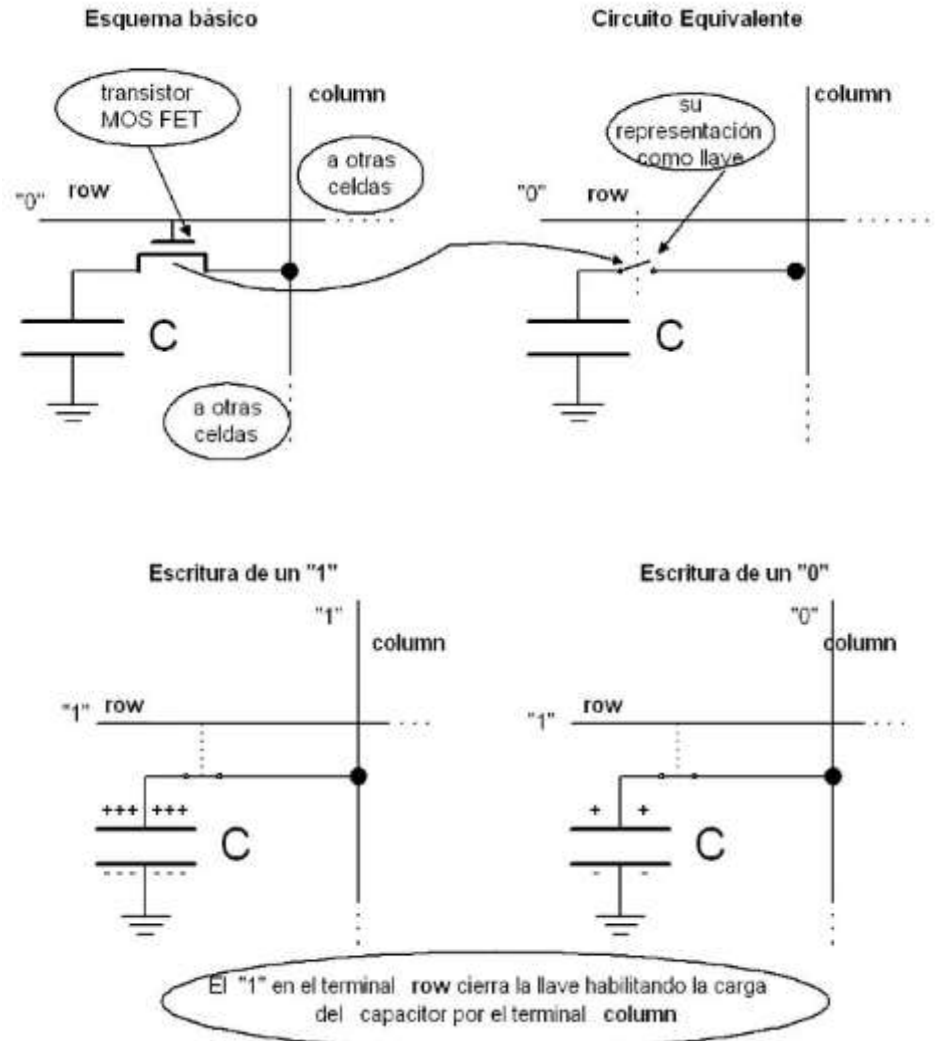
En CC \Rightarrow conductor abierto

En CA \Rightarrow impedancia (reactancia capacitiva) frente a la corriente del circuito. Su valor depende de la frecuencia de oscilación.

2. Condensadores.



2.6 Memoria dinámica DRAM.

- Conjunto de celdas organizadas en filas y columnas.
- Cada bit se almacena en pequeños condensadores.
 - C conectado con COLUMN a través de interruptor.
 - Interruptor controlado por ROW.



2. Condensadores.

2.6 Memoria dinámica DRAM.

- Características:
 - Condensadores se acaban descargando 
 - Construcción sencilla.
 - Más baratas.
 - Más lentas.
 - Mayor consumo energético.
 - Constituyen la mayor parte de la memoria principal.
- 
 - Recargadas periódicamente
 - Continuos ciclos de refresco