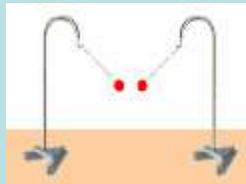


**UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **FISICA III CIV 221**



**DOCENTE: ING. JOEL PACO S.**

## **Capitulo II**



## **EL CAMPO ELECTRICO**



## CONTENIDO

- 2.1. Campos Gravitacionales y Campos Eléctricos
- 2.2. Campo eléctrico de cargas puntuales
- 2.3. Líneas de Fuerza
- 2.4. Campo eléctrico de distribuciones continua de carga
- 2.5. Fuerzas sobre cargas eléctricas

.

## OBJETIVO

- Definir un campo gravitacional.
- Definir un campo Eléctrico
- Aprender a graficar y calcular como se representa un Campo eléctrico de cargas puntuales.
- Aprender a calcular la intensidad de un campo eléctrico.
- Aprender a graficar y calcular como se representa un Campo eléctrico de cargas lineales, superficiales y volumétricas.

## 2.1. CAMPOS GRAVITACIONALES Y CAMPOS ELÉCTRICOS

### Ley de la gravitación universal de Newton

- Todos los cuerpos se atraen con una fuerza proporcional a su masa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{u}_r$$

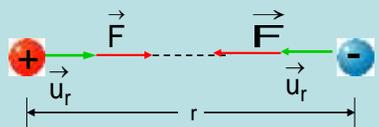


Fuerza gravitatoria entre dos masas

### Ley de Coulomb

- La fuerza entre dos cargas eléctricas puntuales  $q_1$  y  $q_2$  es directamente proporcional al producto de ellas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia  $r$  que las separa

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



Fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales

## CAMPOS GRAVITACIONALES

- La atracción de la esfera actúa como si toda su masa estuviese concentrada en el centro

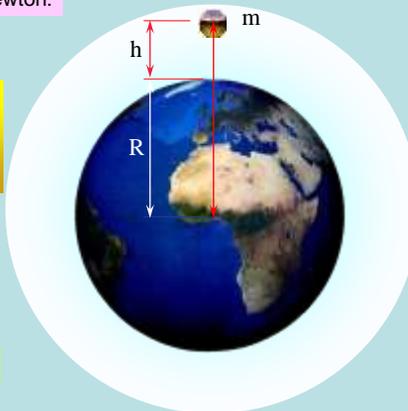
- Si  $M$  es la masa de la Tierra y  $R$  su radio, la fuerza ejercida sobre un cuerpo de masa  $m$  situado a una altura  $h$  sobre su superficie responde a la ley de Newton:

$$F = G \frac{Mm}{r^2} = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$$

**La fuerza gravitatoria con que se atraen dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que les separa**

- A partir de esta ley, Newton pudo explicar fenómenos tales como:

- Las protuberancias de la Tierra y de Júpiter a causa de su rotación
- El origen de las mareas
- Las trayectorias de los planetas
- La variación de la gravedad con la altura
- El cambio en el eje de rotación de la Tierra, etc

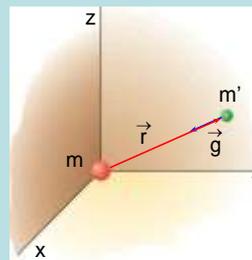


## CAMPOS GRAVITACIONALES

- La ecuación de Newton proporciona la expresión de la fuerza entre dos masas:

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} (\vec{u}_r) \text{ siendo } \vec{u}_r = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$$

- Para explicar la acción que una masa ejerce sobre otra situada a cierta distancia, se introduce el concepto de **campo de fuerzas**
- La masa  $m$  hace que las propiedades del espacio que la rodea cambien, independientemente que en su proximidad se sitúe otra masa  $m'$



- **La intensidad del campo gravitatorio  $\vec{g}$  en un punto es la fuerza por unidad de masa situada en dicho punto**

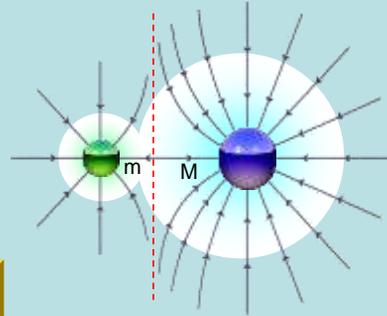
$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m_1} = -G \frac{m_2}{r^2} \vec{u}_r \quad \text{cuyo módulo es: } g = -G \frac{m(\text{fuente})}{r^2} \text{ y se expresa en N/kg o también m/s}^2 \text{ en el S.I.}$$

- La fuerza gravitatoria sobre otra masa inmersa en el campo es:  $\vec{F} = m \vec{g}$

## CAMPOS GRAVITACIONALES

- Los **campos de fuerzas** se representan mediante **líneas de campo**

- En el **campo gravitatorio**, las líneas de campo como es un campo atractivo se dirigen hacia las fuentes del campo

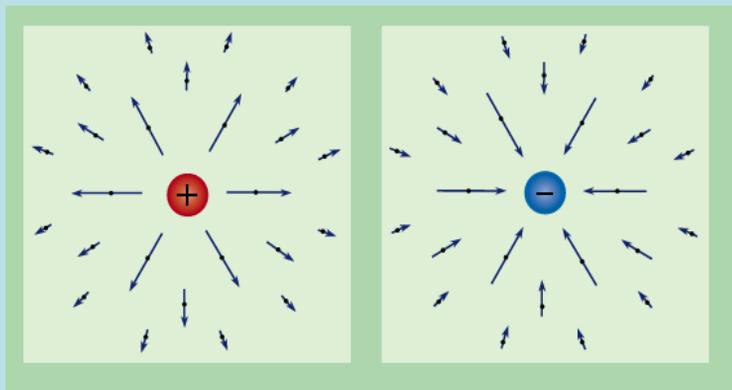


### Características de las líneas de campo

- **Módulo:** se indica mediante la densidad de líneas de campo. Si se dibujan más líneas de campo se trata de un campo más intenso
- **Dirección del campo** en un punto es la tangente a la línea en dicho punto
- **El sentido** viene indicado por la flecha, y es el que seguiría la unidad de masa colocada en dicha línea por efecto de las fuerzas del campo

## CAMPOS ELECTRICOS

- Perturbación generada en el medio debido a la presencia de una carga estática



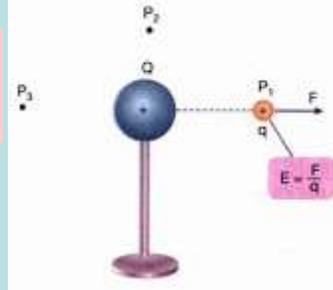
## 2.2. Campo eléctrico de cargas puntuales

- Una carga eléctrica perturba el espacio donde está situada, creando un campo eléctrico a su alrededor

- Para estudiar este campo, puede colocarse en él una carga eléctrica de prueba ( $q'$ ) y observar como aparece sobre ella una fuerza de interacción expresada por la ley de Coulomb

- Se define en cada punto del espacio un vector , denominado intensidad de campo eléctrico, mediante la relación:  $\vec{E}$

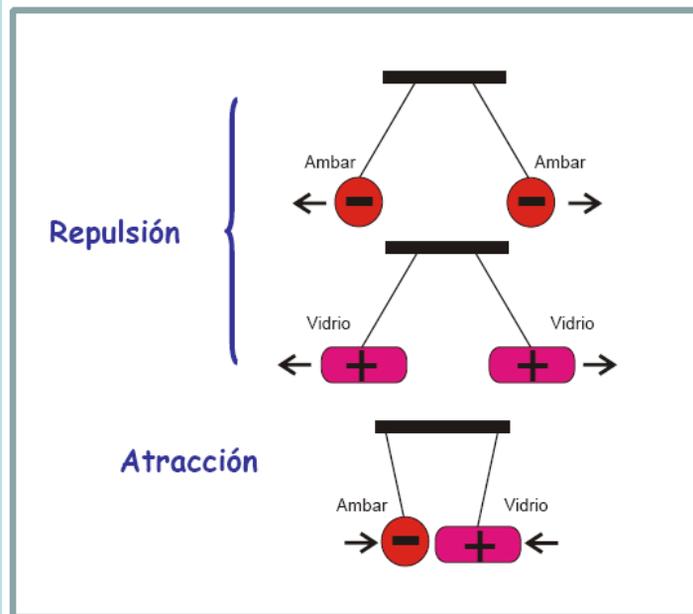
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'}$$



- La unidad de intensidad del campo eléctrico es  $\text{N C}^{-1}$ . Si la carga  $q'$  fuera  $+1$  C, resultaría que la fuerza sobre ella sería igual al campo

La intensidad del campo eléctrico en un punto es igual a la fuerza sobre la unidad de carga eléctrica POSITIVA situada en ese punto

### LEY CUALITATIVA DE COULOMB



## CAMPO ELÉCTRICO CREADO POR UNA CARGA PUNTUAL

El campo eléctrico se determina por la relación:

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (1)$$

La fuerza entre las cargas es de origen eléctrico; por lo tanto se determina por la Ley de Coulomb

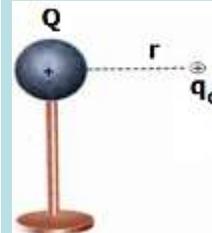
$$F = \frac{KQq_0}{r^2} \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1) tenemos:

$$E = \frac{\frac{KQq_0}{r^2}}{q_0}$$

Por lo tanto, el campo eléctrico en función de la distancia lo obtenemos con:

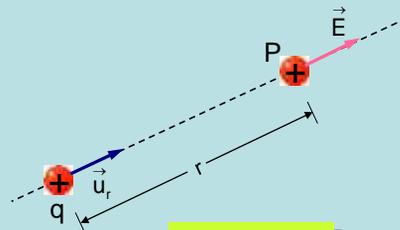
$$E = \frac{KQ}{r^2}$$



## CAMPOS ELECTRICOS DE UNA CARGA PUNTUAL

- Sea un campo eléctrico creado por una carga puntual  $q$  carga fuente
- Si en un punto P a una distancia  $r$  de la carga  $q$ , situamos una carga testigo  $q'$ , y el campo ejerce sobre ella una fuerza  $F$ , la intensidad del campo eléctrico será:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'} = \pm \frac{1}{q'} \left( K \frac{qq'}{r^2} \vec{u}_r \right)$$



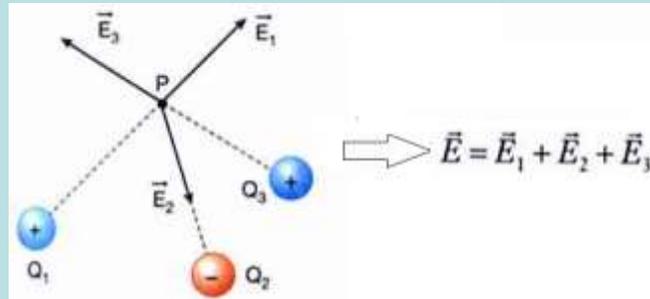
- Por tanto, la intensidad del campo eléctrico será:

$$\vec{E} = \pm K \frac{q}{r^2} \vec{u}_r$$

**En el campo gravitatorio la intensidad coincide con la gravedad mientras que en el electrostático es una magnitud nueva obtenida al dividir la fuerza entre la carga que se introduce para medir el campo**

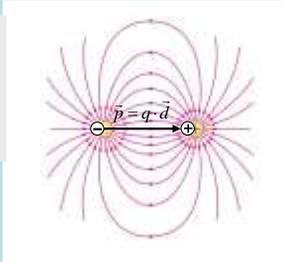
## CAMPO CREADO POR VARIAS CARGAS PUNTUALES

El campo resultante en el punto P es el resultado de sumar vectorialmente cada uno de los campos individuales creados por las cargas (principio de superposición)



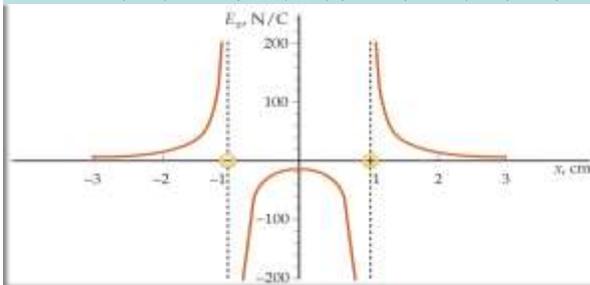
## DIPOLO ELECTRICO

Es una configuración de dos cargas de igual magnitud  $q$  y signos contrarios separadas por una distancia  $d$ . Denominamos momento dipolar eléctrico  $p$  al producto de la magnitud de la carga  $q$  por la distancia  $d$ , y asignamos carácter vectorial a esta magnitud denominando  $\vec{p}$  al vector de módulo  $p$  cuyo origen es la carga negativa y cuyo extremo es la carga positiva.



¿Cuánto vale el campo de un dipolo en un punto lejano medido sobre la línea que definen las dos cargas?

$$E = k \frac{q}{x^2} + k \frac{-q}{(x+d)^2} = kq \left( \frac{1}{x^2} - \frac{1}{(x+d)^2} \right) = kq \left( \frac{x^2 + d^2 + 2xd - x^2}{x^2(x+d)^2} \right) = kqd \left( \frac{d+2x}{x^2(x+d)^2} \right) \approx 2k \frac{qd}{x^3} \Rightarrow \vec{E} \approx 2k \frac{\vec{p}}{x^3}$$



$$d + 2x \approx 2x$$

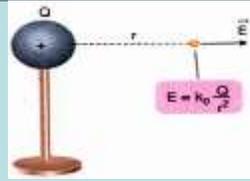
$$x + d \approx x$$

$$x^2(x+d)^2 \approx x^4$$

El campo eléctrico en presencia de dipolos varía de forma inversamente proporcional al **cubo** de la distancia

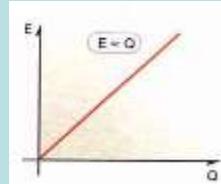
## ANALISIS DE LA EC. DEL CAMPO ELECTRICO

Al analizar la expresión anterior, podemos hacer las siguientes observaciones:

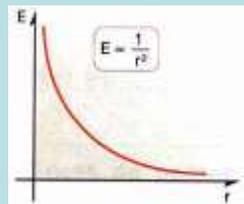


1.- La carga de prueba q no aparece en esta expresión. Concluimos que la intensidad del campo en un punto no depende de la carga de prueba

2.- La intensidad o magnitud del campo es proporcional a la carga Q que origina el campo



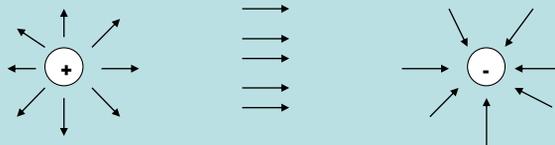
3.- La intensidad o magnitud del campo es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, es decir la magnitud de E será menor cuanto mayor sea la distancia



### 2.3. Líneas de Fuerza

El campo eléctrico se representa mediante líneas de fuerza que indican como se movería una carga positiva introducida en el campo

Con este convenio el campo creado por una carga positiva será siempre repulsivo y el creado por una carga negativa siempre atractivo



Esto influye en los signos tanto de la fuerza como de la intensidad de campo:

El campo creado por una carga positiva sale positivo

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

$$\vec{E} = + K \frac{q}{r^2} \vec{u}_r$$

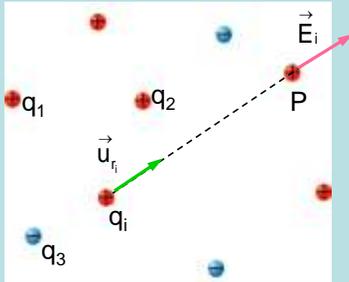
El campo creado por una carga negativa sale negativo

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

$$\vec{E} = - K \frac{q}{r^2} \vec{u}_r$$

## PRINCIPIO DE LA SUPERPOSICION

### SISTEMA DISCRETO

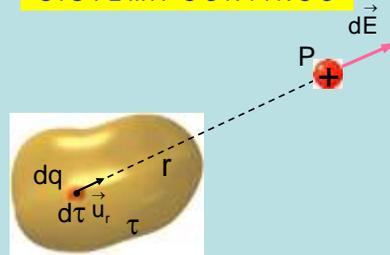


$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \Sigma \vec{E}_i$$

$$\vec{E} = \pm K \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_{r_i}$$

La intensidad del campo eléctrico en un punto debido a un sistema discreto de cargas es igual a la suma de las intensidades de los campos debidos a cada una de ellas

### SISTEMA CONTINUO

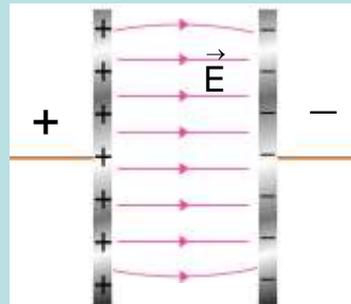
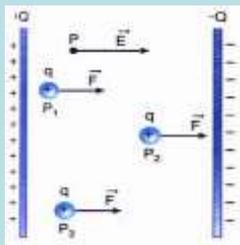


$$d\vec{E} = \pm K \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

$$\vec{E} = \int_{\tau} d\vec{E} = \pm K \int_{\tau} \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

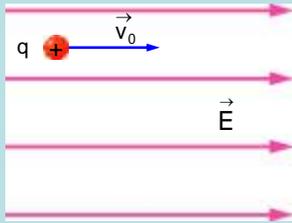
En un sistema continuo, la carga se distribuye en un volumen  $\tau$  determinado

## CAMPO ELÉCTRICO UNIFORME



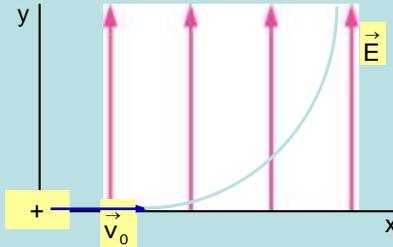
- Un campo eléctrico en el que el vector intensidad de campo  $\vec{E}$  es igual en todos los puntos se denomina **campo eléctrico uniforme**
- Por ejemplo el campo eléctrico en el interior de un condensador plano es un campo eléctrico uniforme

## MOVIMIENTO DE CARGAS DENTRO DE CAMPOS ELÉCTRICOS UNIFORMES



- Si la partícula tiene inicialmente una velocidad  $\vec{v}_0$  en la dirección del campo eléctrico uniforme, se moverá con MRUA en la misma dirección

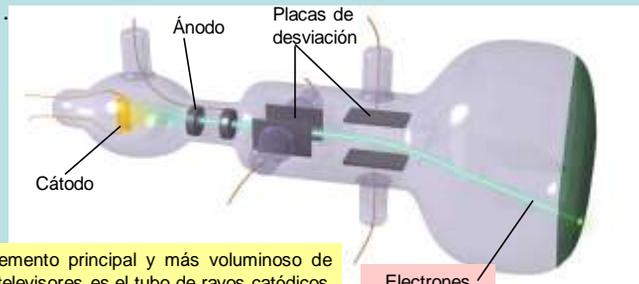
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q}{m} \vec{E}$$



- Si la partícula tiene inicialmente una velocidad  $\vec{v}_0$  en dirección perpendicular al campo eléctrico uniforme, se moverá con un movimiento compuesto por:
  - MRU con velocidad  $\vec{v}_0$  en dirección perpendicular al campo
  - MRUA con aceleración  $\vec{a}$  en la dirección del campo.

**Tiro horizontal:**  $y = \frac{qE}{2mv_0^2} x^2$

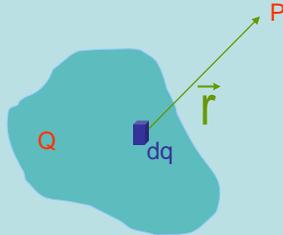
## Movimientos de los electrones en los tubos de rayos catódicos



El elemento principal y más voluminoso de los televisores es el tubo de rayos catódicos

- Una aplicación práctica de lo anterior es el movimiento de los electrones en los tubos de rayos catódicos, que se controla mediante campos eléctricos
- De este modo, se hace incidir el electrón en el punto de la pantalla fluorescente donde se desee para formar la imagen

## 2.4. CAMPO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIONES CONTINUA DE CARGA



En este caso dividimos la distribución en pequeños elementos diferenciales de carga,  $dq$ , de forma que la diferencial de campo eléctrico que crea cada una de ellas es

$$d\vec{E} = k \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

El campo eléctrico total para toda la distribución será

$$\vec{E} = \int k \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

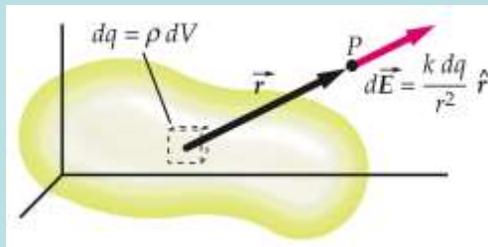
### CAMPO ELÉCTRICO CREADO POR UNA DISTRIBUCIÓN CONTINUA DE CARGA EN UN PUNTO

Las cargas eléctricas en el mundo macroscópico se describen habitualmente como distribuciones continuas de carga.

Carga distribuida en un volumen  $\rho = \frac{dQ}{dV}$ ;  $\rho_{average} = \frac{Q}{V}$  Densidad volumétrica de carga

Carga distribuida en una superficie  $\rho = \frac{dQ}{dS}$  Densidad superficial de carga

Carga distribuida en una línea  $\lambda = \frac{dQ}{dl}$  Densidad lineal de carga



Aplicando la ley de Coulomb y el principio de superposición

$$\vec{E} = \int_V \frac{k dq}{r^2} \hat{r}$$

Dependiendo de la forma de la distribución, se definen las siguientes distribuciones de carga

**Lineal**

$$\lambda = \frac{dq}{dl}$$

**Superficial**

$$\sigma = \frac{dq}{ds}$$

**Volumétrica**

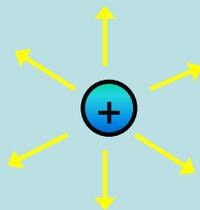
$$\rho = \frac{dq}{dv}$$

Cálculo del campo eléctrico en cada caso:

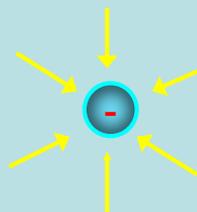
$$\vec{E} = \int_L k \lambda \frac{dl}{r^2} \vec{u}_r \quad \vec{E} = \int_S k \sigma \frac{ds}{r^2} \vec{u}_r \quad \vec{E} = \int_v k \rho \frac{dv}{r^2} \vec{u}_r$$

## CAMPO ELÉCTRICO SOBRE CARGAS PUNTALES

- Carga positiva = fuente



- Carga negativa = sumidero

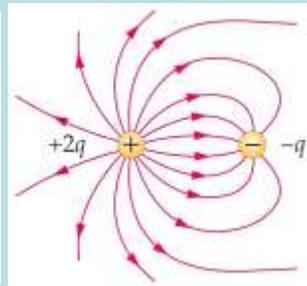
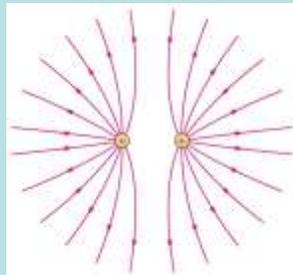
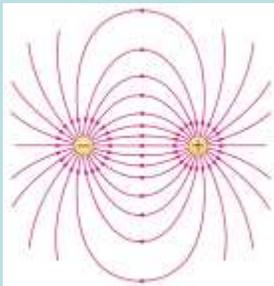
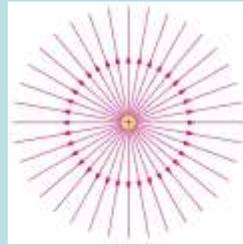


- Radiales
- Proporcionales a la carga
- Inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia

## 2.5. FUERZAS SOBRE CARGAS ELÉCTRICAS

El vector campo  $\mathbf{E}$  en cualquier punto es tangente a la línea de campo. Las líneas de campo se llaman también líneas de fuerza porque su tangente muestra la dirección de la fuerza ejercida sobre una pequeña carga positiva de prueba.

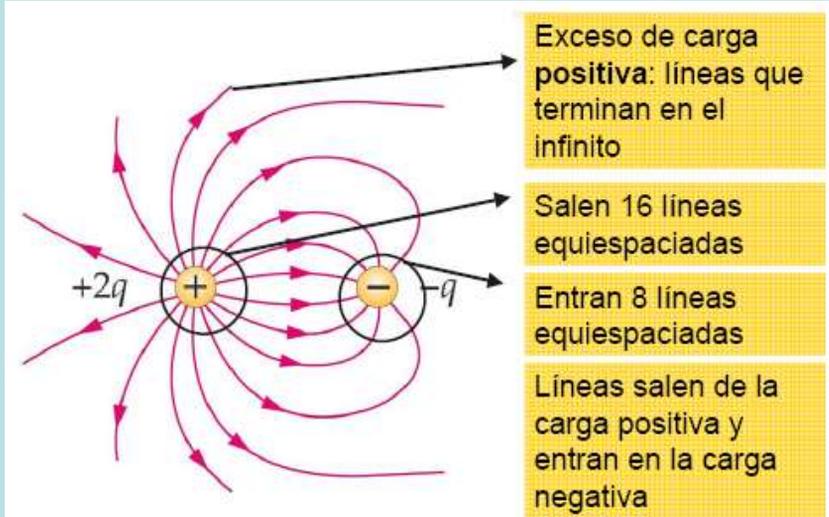
La densidad de líneas en cualquier punto (número de líneas por unidad de área perpendicular a las líneas) es proporcional a la magnitud del campo en dicho punto.



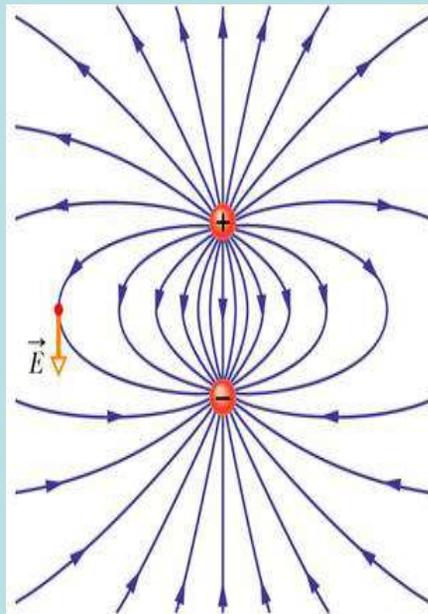
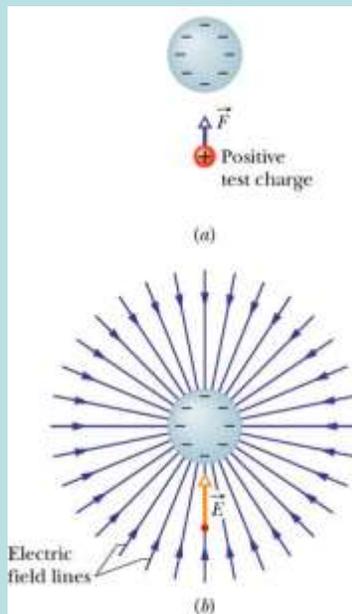
### REGLAS PARA REPRESENTAR LÍNEAS DE CAMPO

- ✓ Salen de las cargas positivas y terminan en las Negativas
- ✓ Si hay exceso de carga positiva debe haber líneas que acaban en el infinito.
- ✓ Si hay exceso de carga negativa debe haber líneas que salen del infinito.
- ✓ Para cada carga puntual las líneas se dibujan entrando o saliendo de la carga y:
  - Uniformemente espaciadas
  - En número proporcional al valor de la carga
- ✓ Dos líneas de campo no pueden cruzarse .

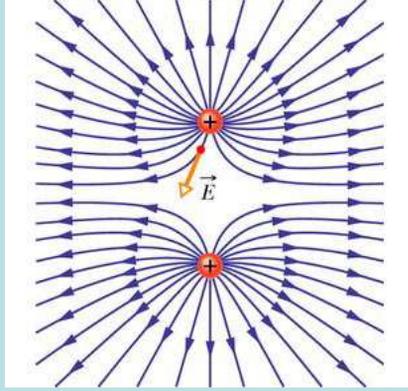
## REGLAS PARA REPRESENTAR LÍNEAS DE CAMPO



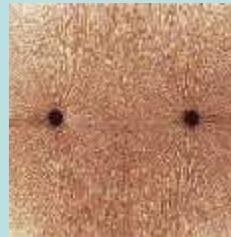
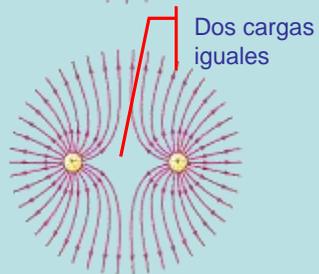
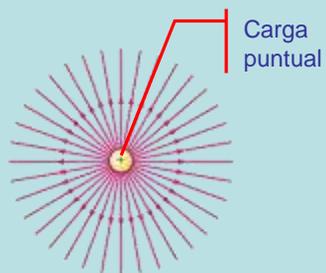
## EJEMPLOS DE LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO

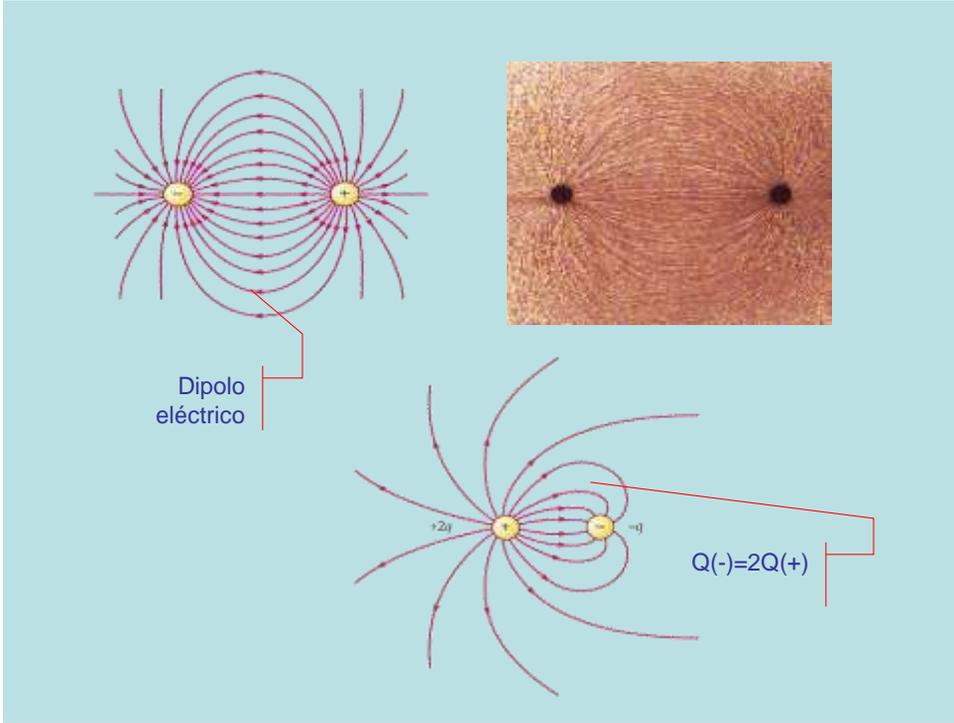


## EJEMPLOS DE LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO



## EJEMPLOS DE LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO





**FIN**