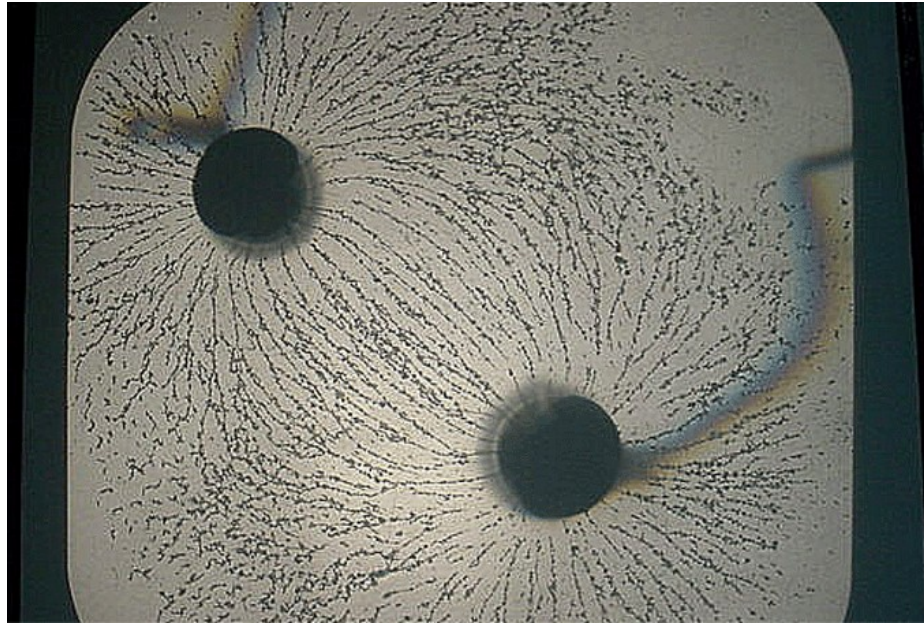


# Campos Electromagnéticos

## “Líneas de Fuerza y la ley de Gauss”



Profesor: Pedro Labraña  
Departamento de Física,  
Universidad del Bío-Bío

Carrera: Ingeniería Civil en Automatización  
Créditos: 5

# Campos Eléctricos

*Cargas Eléctricas, Aisladores y conductores, Ley de Coulomb, Campo Eléctrico. Movimiento de partículas cargadas en campos eléctricos uniformes. Campo eléctrico de distribuciones continuas. Líneas de Campo Eléctrico (Líneas de Fuerza).*

## Clases anteriores

Líneas de campo de algunos de los ejemplos vistos

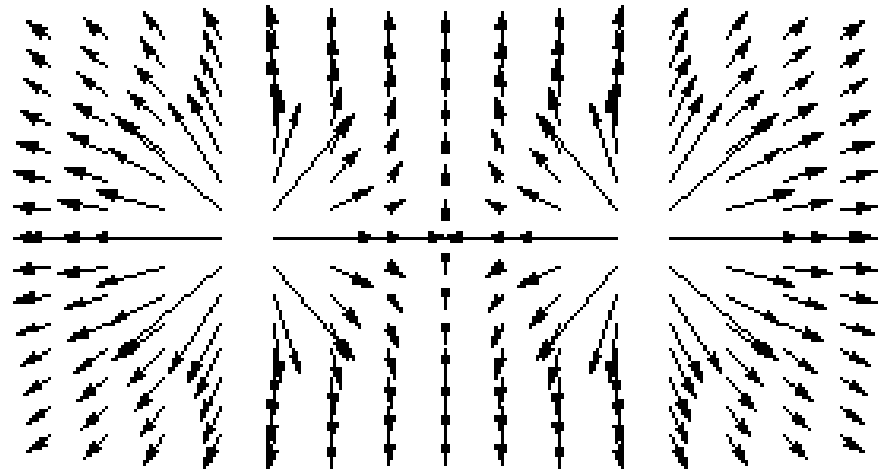
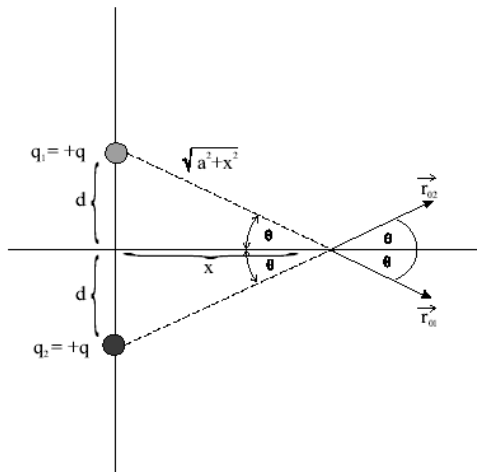
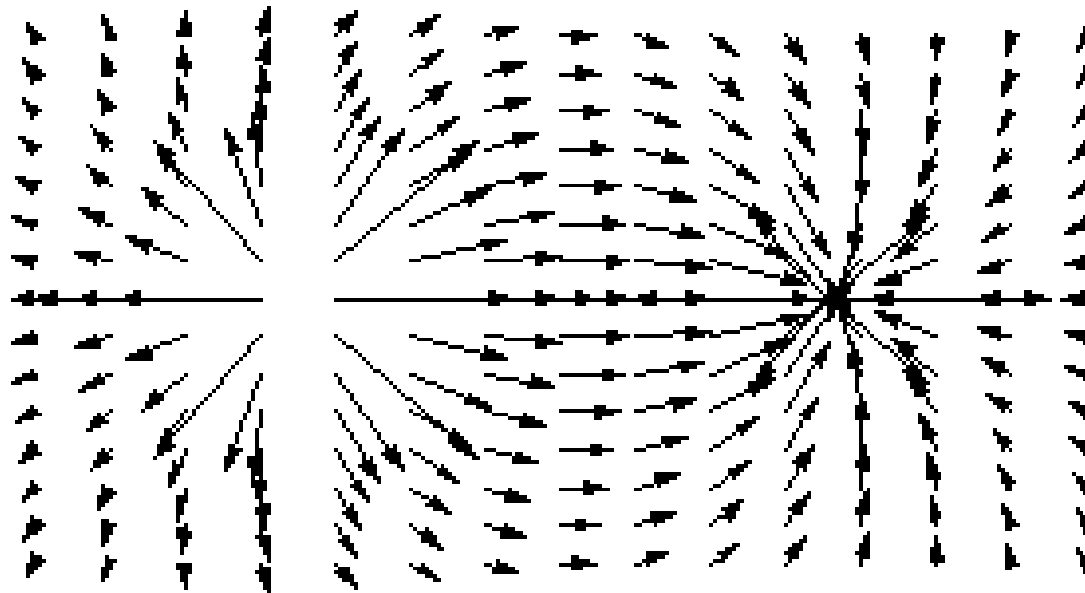
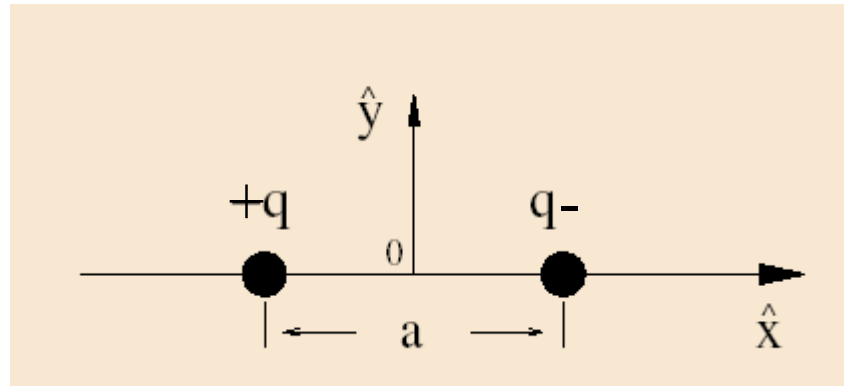
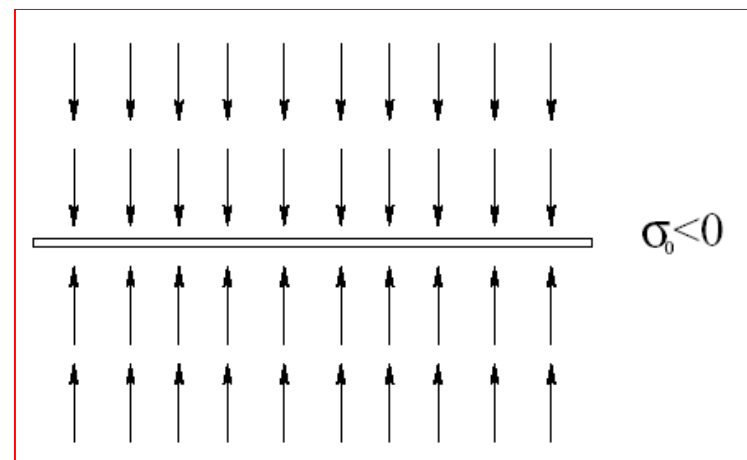
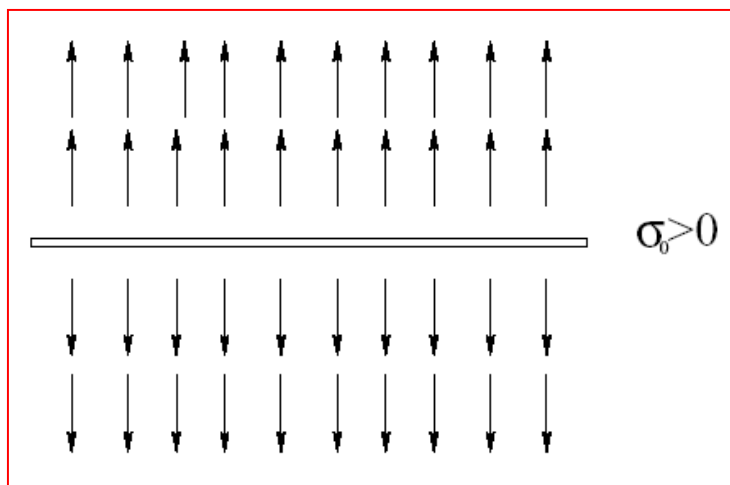


Figura 2.4: Campo eléctrico sobre un protón debido a dos cargas positivas. La figura grafica los vectores unitarios  $\hat{r}_{01}$  y  $\hat{r}_{02}$ .

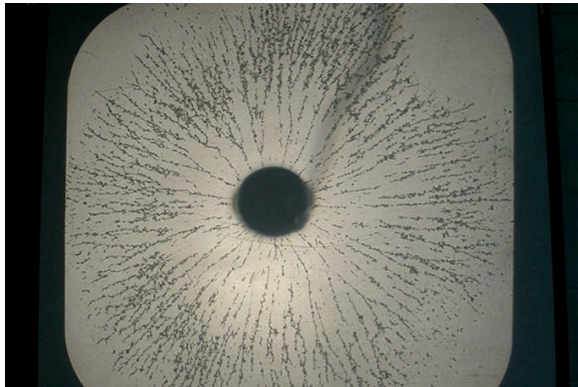
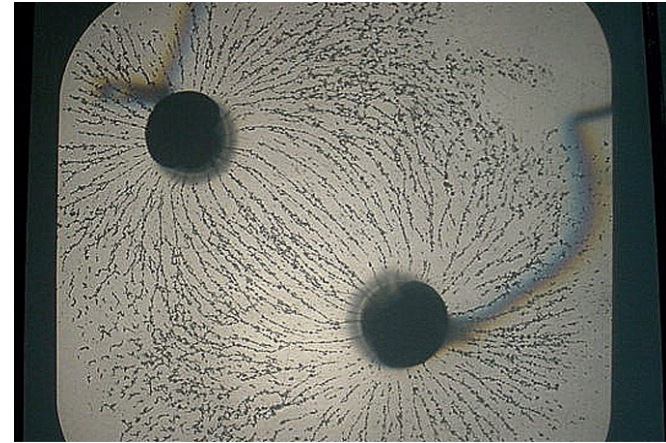
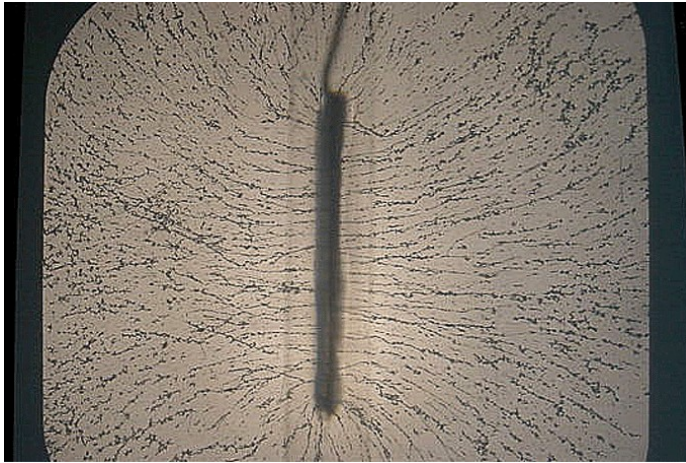


Ojo: Comentar respecto a la densidad de líneas

La conclusión es que el campo de una distribución uniforme de carga sobre una superficie plana, es uniforme o homogéneo, y apuntando perpendicularmente en dirección exterior a la superficie de la placa si la densidad de carga es positiva y hacia la placa si la densidad de carga es negativa.



De modo que es posible generar campos eléctricos relativamente uniformes, a partir de distribuciones de carga uniforme, siempre que se considere una superficie muuuuy grande, o equivalentemente que las cargas de prueba que sienten el campo estén muy cerca de la superficie cargada.



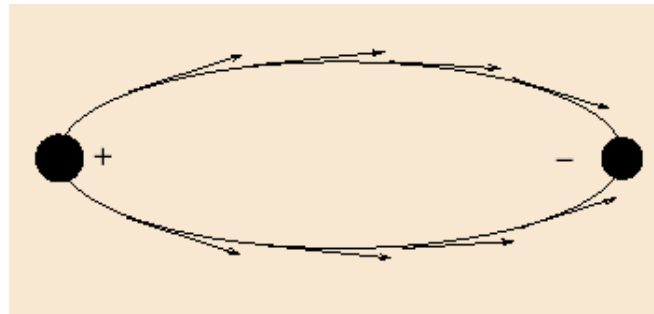
Ver

<http://ephysics.physics.ucla.edu/MIT/mappingfields/HTML/mappingfields.htm>



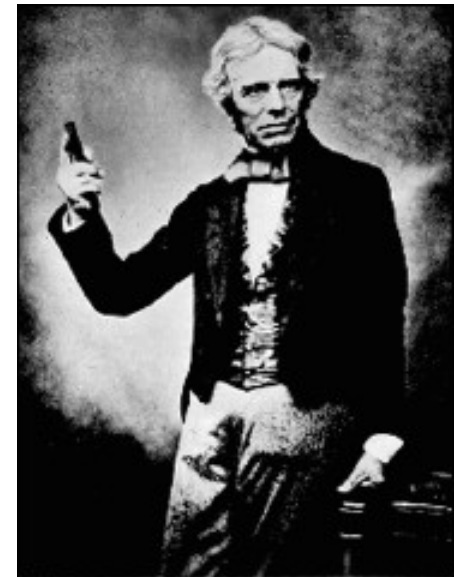
# Líneas de Fuerza

**Líneas de fuerza** El concepto de líneas de fuerza fué introducido por Michael Faraday (1791–1867). Esta línea está definida de tal manera de que es tangente al campo eléctrico en todo punto del espacio.

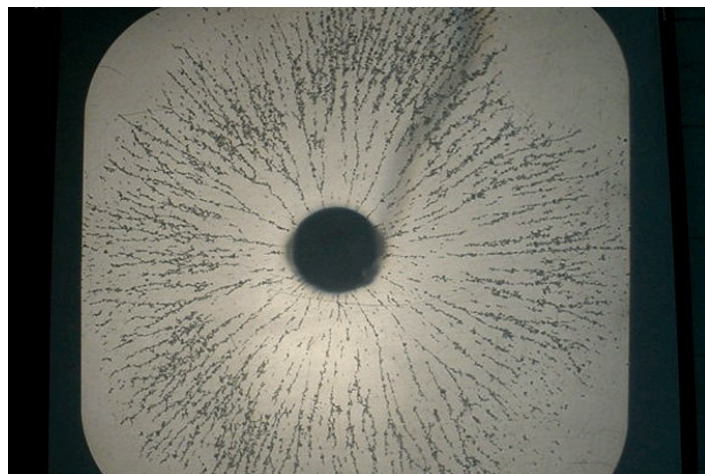
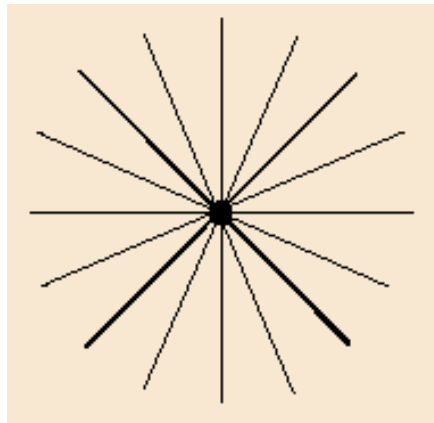


Las líneas de fuerza tienen las siguientes propiedades:

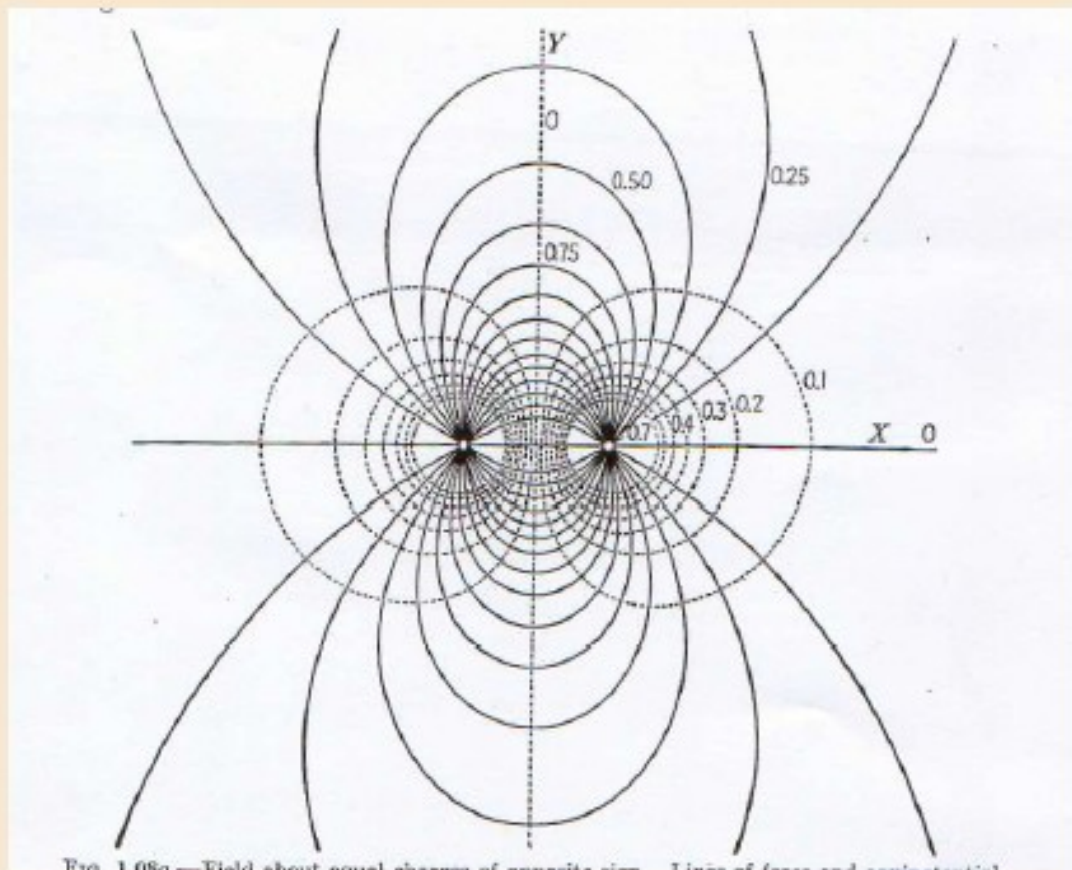
- Las líneas empiezan en cargas positivas y terminan en las negativas o en infinito y nunca se cruzan.
- El número de líneas que salen de una carga positiva o que entran a una carga negativa es proporcional a la magnitud de la carga.
- Lejos de un sistema de cargas las líneas son radiales y están igualmente espaciadas como si vinieran de una única carga puntual cuya magnitud es igual a la carga neta del sistema.



# Líneas de fuerza de una carga puntual



## DOS CARGAS PUNTUALES DE SIGNOS OPUESTOS





## DOS CARGAS PUNTUALES DE SIGNOS IGUALES

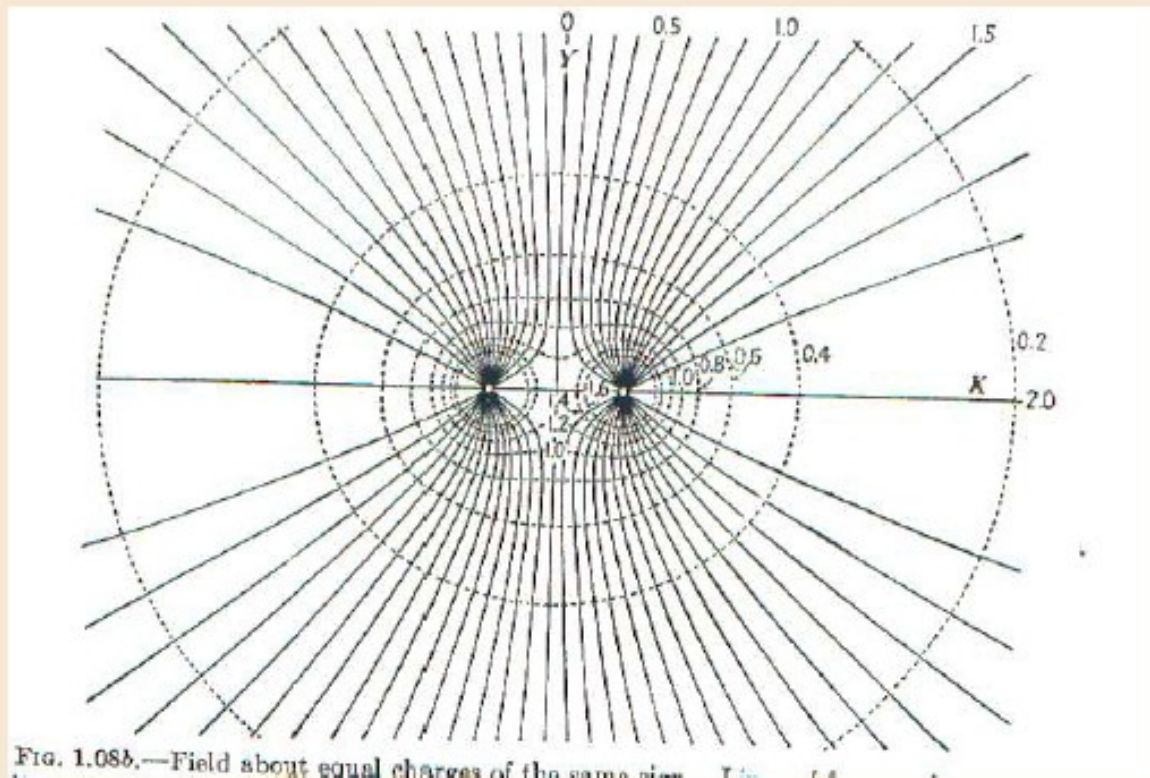
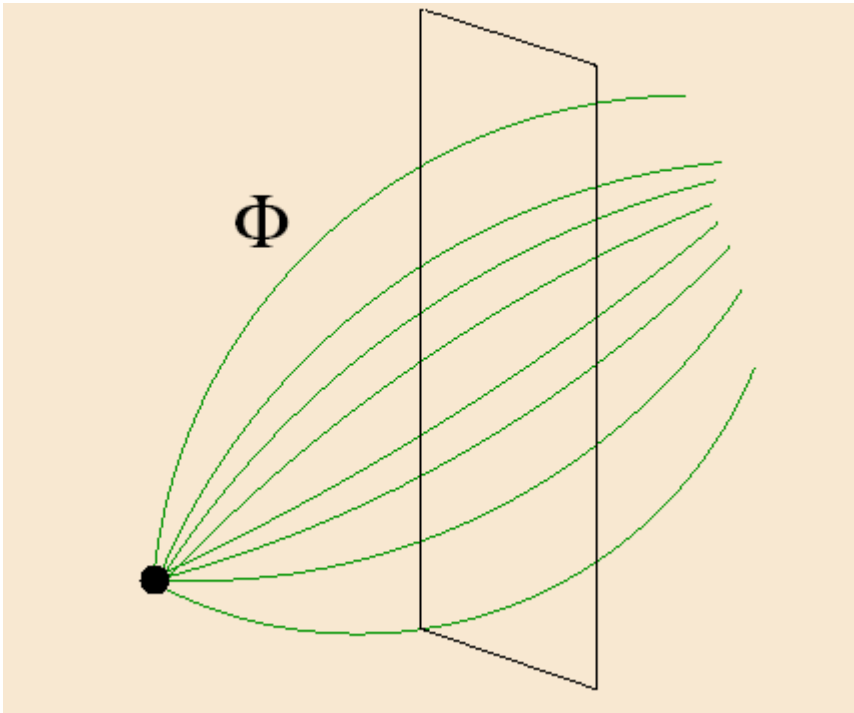


Fig. 1.08b.—Field about equal charges of the same sign.

# Ley de Gauss

Flujo eléctrico, Ley de Gauss, Aplicaciones de la ley de gauss a asiladores cargados, Conductores en equilibrio electrostático.

## Flujo del campo eléctrico $\Phi$



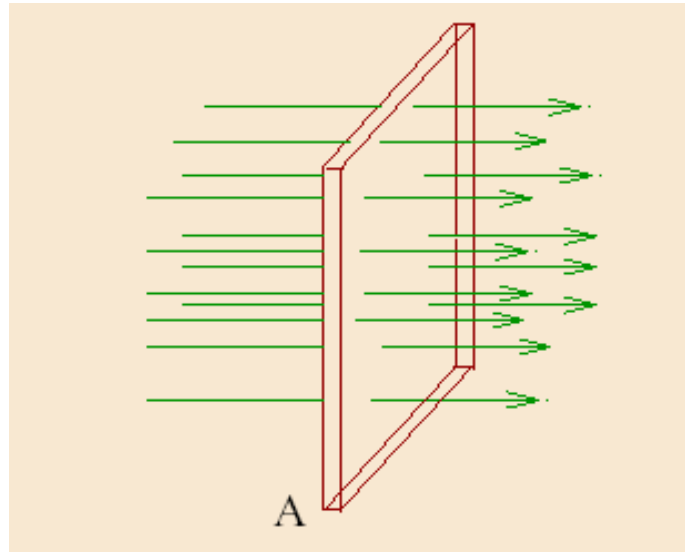
Número de líneas de fuerza  
que atraviesan a una  
determinada área

Estudiemos algunas  
consideraciones generales a  
este respecto

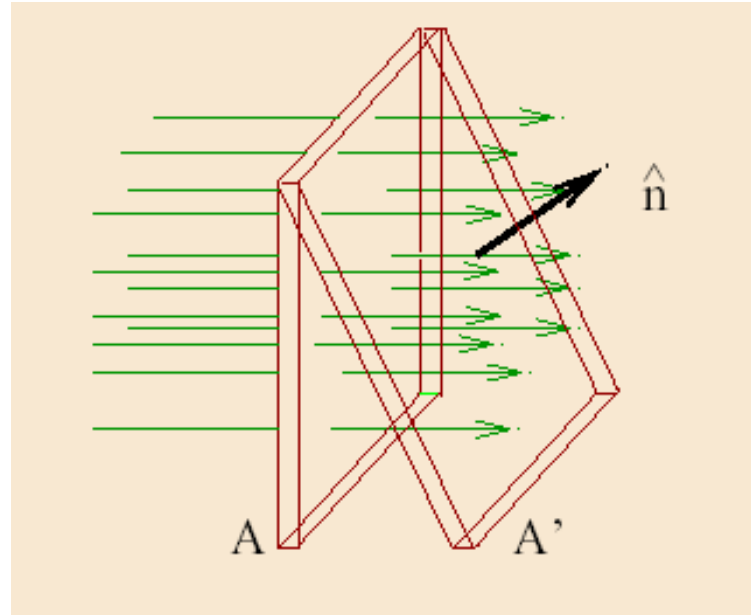
### Flujo de un campo electrico uniforme

El flujo se define como el número de líneas de fuerzas que atraviesa una superficie.

En el caso de un campo eléctrico  $E$  uniforme, el flujo que atraviesa una superficie  $A$  perpendicular al campo se define como:  $\Phi = EA$ .



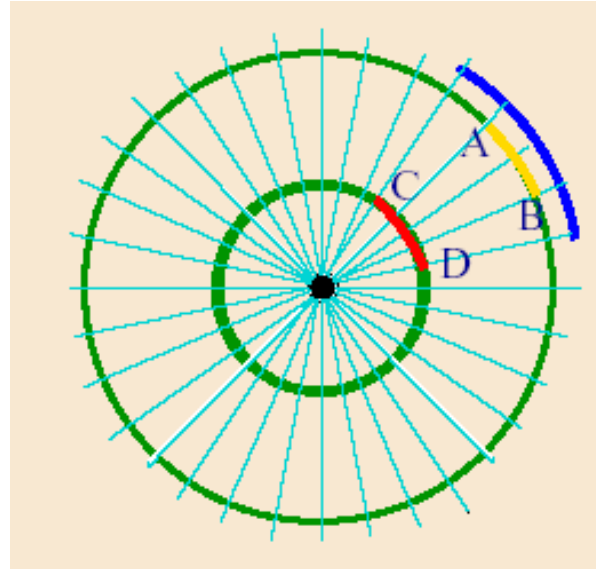
Si la superficie  $A'$  no es perpendicular al campo el número de líneas que la atraviesa es igual al caso anterior y por lo tanto el flujo es el mismo. Entonces, para la superficie inclinada  $\Phi = A' \vec{E} \cdot \hat{n}$ , donde  $\hat{n}$  es perpendicular a  $A'$ .



Proyección del área  $A'$  al plano definido por el área  $A$   
(Ver pizarra)

### Flujo por unidad de area

El mismo número de líneas que pasa por el área roja, pasa por el área azul, pero por el área AB (amarilla) (que es igual a CD (roja)) pasa un número menor de líneas.



Notar: Por las áreas verdes pasa siempre el mismo número de líneas

Comente respecto al flujo por unidad de área en estos casos

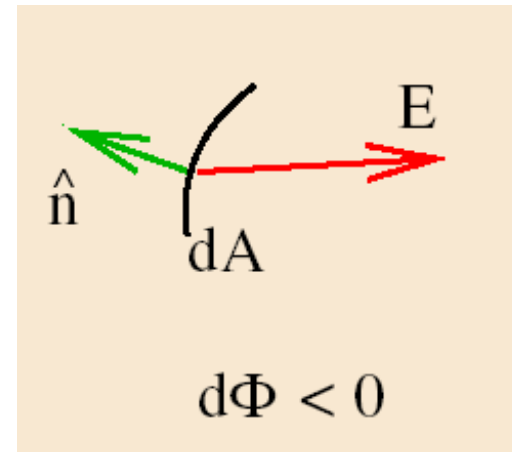
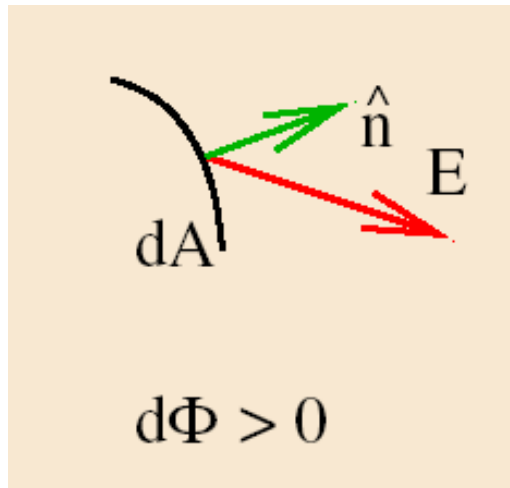


**Flujo a través de superficies curvas** Definimos el flujo de campo eléctrico a través de un elemento de área de una superficie curva  $dA$  como:

$$d\Phi = \vec{E} \cdot \hat{n}dA$$

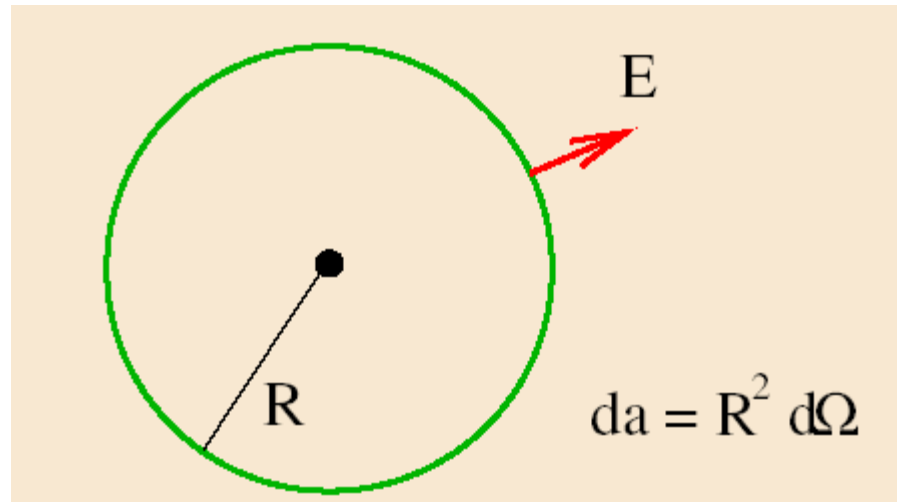
$\hat{n} dA$  = Área orientada

$\hat{n}$  Vector unitario, normal a la superficie y que apunta hacia afuera de ésta.



## Un ejemplo

**Ley de Gauss. ESFERA** Consideremos una carga puntual  $q$  en el centro de una esfera de radio  $R$ . El flujo a través de la superficie de la esfera está dado por:

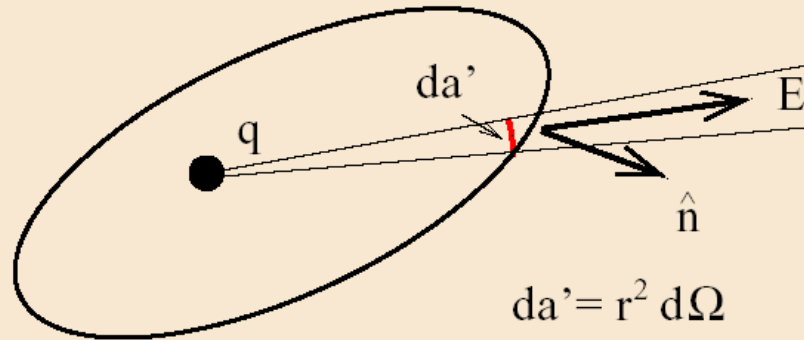


$$\oint \vec{E} \cdot \hat{n} da = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R^2} R^2 d\Omega = \frac{q}{\epsilon_0}$$

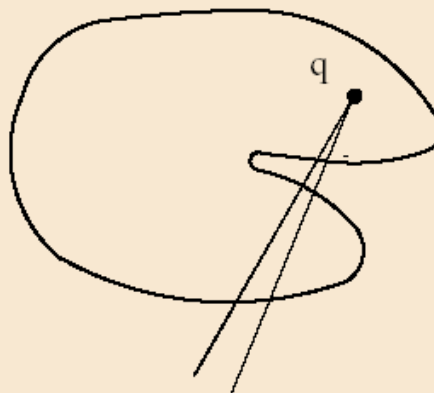
# ¿Cuanto vale el flujo en estos casos?

## Ley de Gauss. CARGA PUNTUAL

$$\oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} da = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \oint \frac{\vec{r} \cdot \hat{n}}{r^3} da = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \oint \frac{r}{r^3} da' = \frac{q}{\epsilon_0}$$



## Ley de Gauss II. CASO ESPECIAL



Fin