

CAMPO ELÉCTRICO

Luis Pardillo Vela <https://fisicayquimicaluis.wixsite.com/esoybach>

El fenómeno tan llamativo de los rayos en una tormenta es consecuencia de la existencia de intensos campos eléctricos. Algo parecido ocurre cuando, en ocasiones, al tocar la puerta del coche o incluso a otra persona, sentimos una descarga (el típico chispazo).

La palabra *electricidad* proviene del griego *elektron* (ἤλεκτρον), que significa “ámbar”. El término pasó al latín *electrum*, y se debe a que al frotar el ámbar se observó que atraía pequeños objetos, un fenómeno que el científico William Gilbert describió en el siglo XVII y al que dio el nombre de “electricidad”.

Las fuerzas eléctricas están en la base de la gran mayoría de los fenómenos que conocemos: ver la televisión, hablar por el móvil, las reacciones químicas, la elasticidad de una goma o incluso el funcionamiento de nuestro metabolismo. En realidad, no se trata solo de fuerzas eléctricas, sino del electromagnetismo en su conjunto. Por eso, comenzaremos estudiando el campo eléctrico y, posteriormente, el campo magnético.

CARGAS ELÉCTRICAS. LEY DE COULOMB.

Toda partícula material posee masa y carga eléctrica (salvo los neutrones. Estas cargas se clasifican en positivas y negativas, denominaciones introducidas por Benjamin Franklin, y que hoy sabemos corresponden principalmente a protones (positivas) y electrones (negativas).

Así como la masa da lugar al campo gravitatorio, la carga eléctrica origina el campo eléctrico, una de las interacciones fundamentales de la naturaleza. Entre cargas de signo opuesto aparece una fuerza de atracción, mientras que entre cargas de igual signo se produce una repulsión.

Dado que la materia en conjunto es eléctricamente neutra, podemos deducir que en ella existe un equilibrio global entre cargas positivas y negativas.

En 1897, J. J. Thomson, a partir de experimentos con descargas eléctricas en tubos de vacío con gases a baja presión, determinó la relación entre la carga y la masa del electrón (q/mq). Posteriormente, en 1913, Robert Millikan, publica su célebre experimento de la gota de aceite, con el que pudo medir la carga del electrón, cuyo valor es aproximadamente $1,6 \times 10^{-19}$ culombios (C).

Igual valor posee el protón, pero asignando carga positiva para el protón y negativa para el electrón.

-Ley de Cuulomb.

La interacción entre dos cargas (supuestas puntuales) viene descrita por la Ley de Coulomb (1785) que establece que la fuerza con que dos cargas se atraen o se repelen es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

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

- Donde $\vec{u}_r$ es un vector unitario en la dirección de la línea que une ambas cargas y sentido siempre saliendo de la carga que ejerce la fuerza.



- La fuerza es positiva si tiene el mismo sentido que $\vec{u}_r$ y si es negativa, sentido contrario. Dos cargas de igual signo se repelen y de sentido contrario se atraen.

- La fuerza que ejerce 1 sobre 2 es la misma que la que ejerce 2 sobre 1 pero con sentido contrario, es decir, actúan por parejas.

- Es una fuerza central y por tanto, conservativa

- **K** es la constante de proporcionalidad, denominada constante de Coulomb. Esta constante depende del medio en el que estén situadas las cargas (vacío, aire, agua, aceite, ...), que para el vacío en unidades S.I. vale $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{C}^{-2}$ siendo prácticamente igual para el aire.

La constante de Coulomb puede escribirse en función de la constante de permitividad del medio ϵ :

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

La permitividad (ϵ) es una medida de la capacidad de un material para **reducir o atenuar** la fuerza eléctrica que actúa entre dos cargas. Un medio con una **alta permitividad** (ϵ grande) es un **aislante o dieléctrico** eficaz, ya que las fuerzas entre las cargas se ven fuertemente reducidas. En cambio, un medio con una **baja permitividad** (ϵ pequeña), se atenúa menos la interacción, lo que resulta en fuerzas eléctricas más fuertes entre las cargas.

La permitividad más baja es la del vacío (ϵ_0), prácticamente igual en aire

En bachillerato, y en general, se trabaja en el vacío o aire: $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN DE LA INTERACCIÓN ELECTROSTÁTICA.

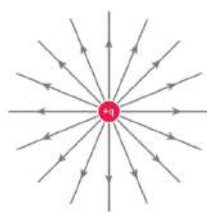
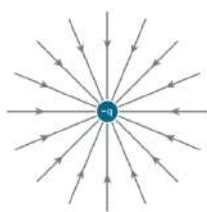
Si en una región del espacio donde hay más de una carga eléctrica, al colocar en dicha región una nueva carga q_0 , la fuerza electrostática a la que esta carga se verá sometida será igual a la suma de la intensidad de las fuerzas que ejercerían de forma independiente sobre ella cada una de las cargas existentes. Expresado de forma matemática para un sistema de n cargas:

$$\vec{F}_{total} = \sum \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

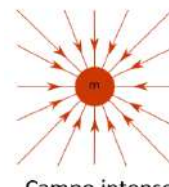
INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO

En una determinada región del espacio existe un campo eléctrico si al introducir una carga q' esta sufre la acción de una fuerza eléctrica.

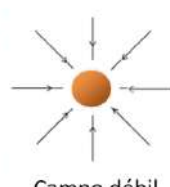
La carga q' , llamada carga de prueba, siempre se considera positiva por convenio para establecer una **dirección de referencia universal** para el campo eléctrico. Esta convención se basa en la **fuerza de repulsión** entre cargas del mismo signo.



Visualización de líneas de campo eléctrico debido a carga negativa (izq.) y positiva (dcha.)



Campo intenso



Campo débil

Se define Intensidad de campo eléctrico en un punto, $\vec{E}$, o simplemente **campo eléctrico** a la fuerza que ejerce la carga (Q) generadora del campo sobre la unidad de carga positiva situada en dicho punto.

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

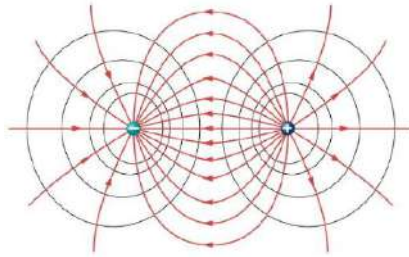
Su unidad en el S.I. es el N/C.

Si el campo es creado por más de una carga, el campo en un punto se calculará aplicando el **principio de superposición**:

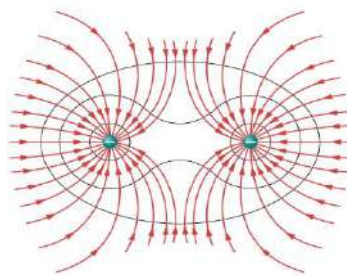
$$\vec{E}_{total} = \sum \vec{E}_i = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

REPRESENTACIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO: SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES.

Como ejemplo, se muestran a la derecha las líneas del campo eléctrico (en color rojo) y las superficies equipotenciales (en negro) de un **dipolo eléctrico**, formado por dos cargas puntuales de signos opuestos (la positiva representada de color rojo y la negativa de color verde).



La siguiente imagen de nuevo presenta las líneas del campo eléctrico (en color rojo) y las superficies equipotenciales (en negro), pero ahora provocada por dos cargas negativas. En caso de ser ambas positivas la imagen sería similar pero con las líneas de campo con las flechas invertidas, ahora apuntando hacia fuera de la carga.



Ambas imágenes: https://phys.libretexts.org/Courses/Georgia_State_University/GSU-TM-Physics_II_%282212%29/03:_Electric_Potential_and_Capacitance/3.03:_Equipotential_Surfaces_and_Conductors

ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA. TRABAJO

Sea una carga Q que actúa sobre una carga q . Calculemos el **trabajo que realiza el campo eléctrico de Q para traer la carga q desde el infinito hasta una distancia r .**

$$W_{\infty \rightarrow r} = -\Delta E_{\text{potencial}} = -(E_{\text{potencial } r} - E_{\text{potencial } \infty}) = \int_{\infty}^r \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{\infty}^r K \frac{Qq}{r^2} dr = \left[-\frac{KQq}{r} \right]_{\infty}^r = -KQq \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\infty} \right) = -K \frac{Qq}{r}$$

NOTA: es probable que al dar este tema aún no hayan visto en matemáticas las integrales ($\int$), en ese caso quedarse directamente con el resultado

$$W_{\infty \rightarrow r} = -\Delta E_{\text{potencial}} = -(E_{\text{potencial } r} - E_{\text{potencial } \infty}) = -K \frac{Qq}{r}$$

Si tomamos la referencia $E_{\text{potencial } \infty} = 0$ resulta:

$$E_p = K \frac{Qq}{r}$$

E_p también simbolizada como U : $E_p = U$

POTENCIAL DEL CAMPO ELÉCTRICO. TRABAJO

Al igual que el campo gravitatorio, el campo eléctrico es conservativo. Por ello se define una función escalar llamada potencial eléctrico en cada punto del campo. Esta función, potencial eléctrico o voltaje, se define como la energía potencial por unidad de carga positiva colocada en el campo:

$$V = \frac{E_p}{q} \rightarrow E_p = q \cdot V$$

De acuerdo con esto, de manera similar a lo que ocurre en el caso de la energía, el potencial eléctrico en un punto a una distancia r debido al campo creado por una carga Q se define como:

$$V = \frac{E_p}{q} = \frac{K \frac{Qq}{r}}{q} \Rightarrow \boxed{V = K \frac{Q}{r}}$$

El valor del potencial eléctrico sólo depende de la carga que crea el campo y de la distancia al punto considerado. Tendrá valor nulo a distancia infinita y será positivo si está dentro del campo creado por una carga positiva. Análogamente un potencial negativo implica que el punto considerado está dentro del campo creado por una carga negativa.

Si en una región del espacio hay más de una carga eléctrica, el potencial que se crea en un punto es la suma de los potenciales individuales en ese punto (principio de superposición):

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots = \sum_{i=1}^n V_i$$

En este caso es una suma algebraica, no vectorial como las fuerzas

Tendrá valor nulo a distancia infinita de la carga y puede tomar valores positivos, negativos o nulo en función del signo de la carga considerada.

Dado un campo eléctrico provocado por una carga o un conjunto de cargas, una carga positiva colocada en dicho campo tenderá a moverse hacia las zonas donde el potencial eléctrico sea menor. Por el contrario, una carga negativa se moverá siempre desde un potencial menor a un potencial mayor. En su movimiento, las cargas seguirán la dirección indicada por las líneas de fuerza, con la misma dirección que estas indican, si se trata de una carga positiva, y con dirección contraria si se trata de una carga negativa.

Al igual que con la energía potencial, se puede determinar el **trabajo necesario para trasladar una carga q desde el punto a al punto b** conociendo el potencial en ambos puntos:

$$\boxed{W_{a \rightarrow b} = -\Delta E_p = -q(V_b - V_a)}$$

- Diferencia de Potencial Eléctrico

Si dos puntos de un campo eléctrico poseen distinto potencial eléctrico, entre dichos puntos existirá lo que se denomina una diferencia de potencial o tensión, ΔV . Este valor se encuentra íntimamente relacionado con el trabajo eléctrico, y como acabamos de ver:

$$W_{a \rightarrow b} = -q(V_b - V_a) \quad \text{o bien} \quad \boxed{\Delta V = V_b - V_a = -\frac{W_{a \rightarrow b}}{q}}$$

$$\text{Como } W_{a \rightarrow b} = F \cdot d \cdot \cos \alpha = E \cdot q \cdot d \cdot \cos \alpha \Rightarrow \boxed{\Delta V = -E \cdot d}$$

donde **$W_{a \rightarrow b}$** es el trabajo que realiza el campo eléctrico para mover la carga q de **a** a **b** . ($\cos \alpha = 0$ ya que F y d tienen la misma dirección si la carga se mueve espontáneamente)

Si el campo realiza trabajo positivo ($W_{a \rightarrow b} > 0$): la carga se mueve espontáneamente y su energía potencial disminuye.

Si $q > 0 \Rightarrow \Delta V < 0 \Rightarrow V_b < V_a \Rightarrow$ La carga se mueve desde puntos de mayor potencial a menor potencial

$q < 0 \Rightarrow \Delta V > 0 \Rightarrow V_b - V_a > 0 \Rightarrow V_b > V_a \Rightarrow$ La carga se mueve desde puntos de menor potencial a mayor potencial

Nota para los ejercicios sobre el trabajo en un campo eléctrico:

1. Si se pide Trabajo realizado por el campo eléctrico para

- El campo eléctrico hace el trabajo **sobre la carga**, moviéndola.
- Fórmula: $W_{\text{campo}} = -q\Delta V = -q(V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}})$

Interpretación:

- Si la carga se mueve **en la dirección del campo**, el trabajo del campo es **positivo** → la carga gana energía cinética y su energía potencial disminuye.
- Si la carga se mueve **contra el campo**, el trabajo es **negativo** → la energía potencial aumenta y el campo “pierde” energía en la carga.

2. Si se pide Trabajo realizado por una fuerza externa para

- Es el trabajo que hace un agente externo (una mano, una pila un motor...) para mover la carga **sin que cambie su energía cinética**.
- Fórmula: $W_{\text{externo}} = q\Delta V = q(V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}})$

Interpretación:

- Si la fuerza externa mueve la carga **contra el campo**, su trabajo es **positivo** → aumenta la energía potencial de la carga.
- Si la fuerza externa mueve la carga **a favor del campo**, su trabajo es **negativo** → “recupera” energía, igualando la variación de energía del campo.

Caso ambiguo (no especifica campo o externo, o no lo tenemos claro)

- En este caso, se recomienda **usar la fórmula del campo**:

$$W = -q\Delta V = -q(V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}})$$

- Luego **interpretar el signo**:
 - $W > 0$: el campo hace el trabajo (movimiento espontáneo).
 - $W < 0$: el campo se opone → el trabajo necesario debe hacerlo una fuerza externa.

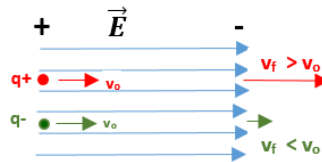
MOVIMIENTO DE CARGAS EN EL SENO DE UN CAMPO ELÉCTRICO.

Sabemos que la Intensidad de campo eléctrico, o simplemente **campo eléctrico**, $\vec{E}$, en un punto, es la fuerza que ejerce la carga (Q) generadora del campo sobre la unidad de carga positiva situada en dicho punto:

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

La trayectoria que surja la partícula dependerá de la dirección y sentido de su velocidad inicial:

- Si la carga entra en el campo con una **velocidad paralela a éste**, la carga se verá sometida a un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) o frenado según signo de la carga y sentido del campo.



Como la fuerza eléctrica es una **fuerza conservativa**, la **energía mecánica** de una carga que se mueve espontáneamente en el campo eléctrico **permanece constante en el seno del campo eléctrico**, y esto implica que la variación de energía mecánica es cero:

$$\Delta E_m = 0 \Rightarrow \Delta E_c + \Delta E_p = 0 \Rightarrow \Delta E_c = -\Delta E_p$$

Esta ecuación es fundamental: cualquier aumento en la energía cinética de la partícula debe ser igual a la disminución de su energía potencial.

La variación de energía potencial se puede expresar en función de la diferencia de potencial (ΔV) o el trabajo (W):

$$W = -\Delta E_p = -q\Delta V = -q(V_f - V_i) = \Delta E_c$$

Esto implica que una partícula en una zona con diferencia de potencial adquirirá energía cinética. La fórmula que relaciona la velocidad inicial y final de la carga con la diferencia de potencial se deriva directamente del principio de conservación de la energía:

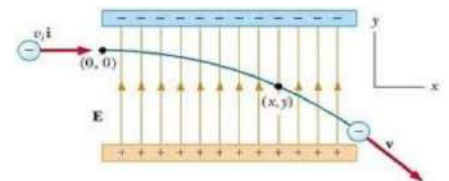
$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = -q(V_f - V_i) \Rightarrow \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) = -q\Delta V$$

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - \frac{2q\Delta V}{m}}$$

Podemos obtener otra expresión para v_f aplicando $\Delta V = -E \cdot d \rightarrow v_f = \sqrt{v_i^2 + \frac{2qE \cdot d}{m}}$

- **Si la carga entra con velocidad perpendicular al campo**: el movimiento se compone de dos movimientos independientes: uno rectilíneo uniforme en la dirección perpendicular al campo y otro rectilíneo uniformemente acelerado en la dirección del campo. El resultado es una **trayectoria parabólica**, similar al movimiento de un proyectil disparado horizontalmente desde una altura. Una aplicación importante de esto es el movimiento de electrones en los tubos de rayos catódicos, como los que se usaban en los televisores antiguos.

La **parábola puede ser descendente o ascendente** según sentido del campo y signo de la carga. En el dibujo si se cambia a q^+ o se invierte el campo con la carga q^- la parábola será ascendente.



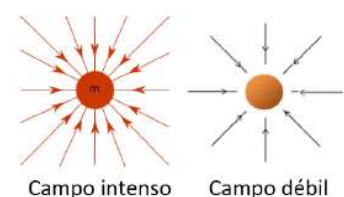
<https://www.embibe.com/subjects/physics/Electricity-Magnetism/Current-Electricity/Electric-Current-and-Drift-Velocity/kve370717>

Como ya se comentó para el campo gravitatorio, **en el caso del campo eléctrico solo hay que conocer la fórmula de la ley de Coulomb y los conceptos teóricos de campo y potencial eléctrico y la ley de conservación de la energía mecánica. A partir de estas ideas fundamentales se pueden deducir otras fórmulas, como las anteriores, y es mucho más valioso saber razonar y relacionar los conceptos que memorizar todas las fórmulas.**

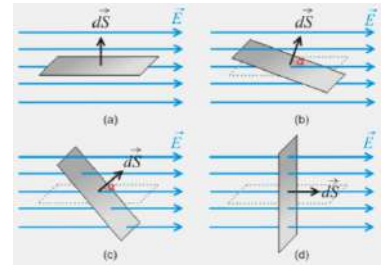
FLUJO DEL CAMPO ELÉCTRICO. LEY DE GAUSS.

Hemos representado la intensidad del campo eléctrico mediante un número de líneas de campo que es proporcional a la intensidad del campo.

El flujo de campo eléctrico (ϕ) a través de una superficie S nos da una idea del número de líneas de campo que atraviesan dicha superficie.



Si observamos la figura de la derecha vemos que aparte de la intensidad del campo (mayor o menor número de líneas), depende igualmente de la orientación de la superficie con respecto a las líneas de campo. De forma que si la superficie es paralela al campo no le atraviesa ninguna línea de campo, por tanto el flujo es cero, y si se orienta perpendicularmente al campo el flujo es máximo.



<https://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/electro/gauss.html>

En consecuencia, el flujo del campo eléctrico debe ser definido de tal modo que tenga en cuenta este hecho.

Podemos decir entonces que el flujo del campo eléctrico ϕ es:

$$\phi = \vec{E} \cdot \vec{S} = E \cdot S \cdot \cos\alpha \text{ y su unidad es } \mathbf{N \cdot m^2/C}.$$

Ley de Gauss.

La ley de Gauss afirma que el flujo de campo eléctrico a través de una superficie cerrada es proporcional a la carga neta encerrada por la misma:

$$\phi = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

ϵ_0 = permitividad del vacío (o aire)

La ley de Gauss permite calcular el campo eléctrico de distribuciones de carga **en superficies gaussianas (superficies cerradas)** con **alta simetría** (esférica, cilíndrica o plana) de una forma mucho más sencilla que usando la ley de Coulomb directamente.

Gracias a este teorema, podemos deducir de manera rápida y clara el campo eléctrico:

- En el exterior de una esfera cargada.
- En un hilo cargado (simetría cilíndrica).
- En un plano cargado infinito (simetría plana)

APLICACIÓN DE LA LEY DE GAUSS. CAMPO ELÉCTRICO SOBRE UN CONDUCTOR

- Campo eléctrico creado por una esfera cargada.

Supongamos una esfera que encierra una Q en el interior (ver imagen).

El flujo eléctrico a través de una superficie esférica de radio r es:

$$\phi = \vec{E} \cdot \vec{S} = E \cdot S \cdot \cos 0^\circ = E \cdot 4\pi r^2 = K \frac{Q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

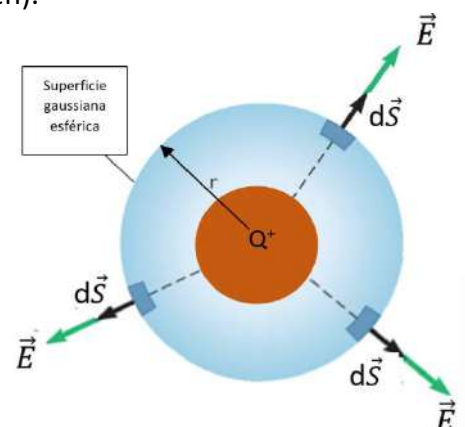
Por lo que: $\phi = \vec{E} \cdot \vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0}$ La ley de Gauss que acabamos de ver

Este es, de forma muy simplificada, el razonamiento que utilizó Gauss para formular su ley, válida para cualquier superficie cerrada.

Pero lo que queremos es calcular el campo E a una distancia r de una superficie esférica conductora que contiene una carga Q **aplicando la Ley de Gauss**. Veamos

$$\phi = E \cdot S = \frac{Q}{\epsilon_0} = E \cdot 4\pi r^2 \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Si nos fijamos en la fórmula obtenida comprobamos que es efectivamente el campo E creado por una carga eléctrica Q a una distancia r que vimos en el apartado "INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO" (recordemos que $K = 1/4\pi\epsilon_0$).

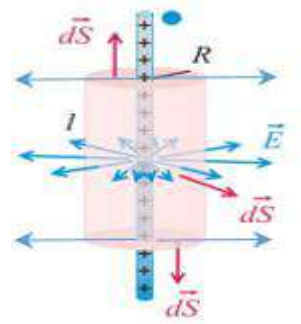


- Campo eléctrico creado por un hilo conductor indefinido (infinito).

Elegimos una superficie cerrada adecuada para calcular el flujo sobre el hilo. Como el campo eléctrico es perpendicular al hilo, la superficie adecuada es un cilindro que bordea el hilo como se muestra en la figura.

En las bases superior e inferior la superficie $\vec{S}$ y el campo $\vec{E}$ son perpendiculares y por tanto $\phi = \vec{E} \cdot \vec{S} = E \cdot S \cdot \cos 90^\circ = 0$

En la superficie lateral $\vec{S}$ y el campo $\vec{E}$ son paralelos:



origen de la imagen

https://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/electro/electro_prob_files/problelectr3.pdf

Aplicamos la ley de Gauss:

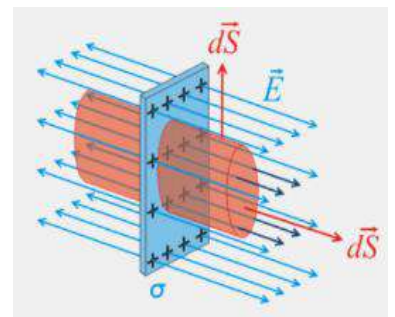
$$\phi = \frac{Q}{\epsilon_0} = \vec{E} \cdot \vec{S} = E \cdot S \cdot \cos 0^\circ = E \cdot 2\pi r l \Rightarrow E = \frac{Q}{2\pi r \epsilon_0 l} \Rightarrow \mathbf{E} = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon_0} \text{ donde } \lambda = \frac{Q}{l} \text{ densidad lineal de carga}$$

- Campo eléctrico creado por una lámina plana indefinida (infinita).

En la figura se representa un plano infinito (se representa en azul una sección del plano) cargado con una densidad superficial de carga positiva y uniforme $\sigma = q/S$ (similar a la lineal definida antes).

Elegimos una superficie cilíndrica (en rojo) para calcular el flujo sobre el plano.

Las líneas de campo salen de las cargas positivas, y el campo creado por el plano será uniforme, ya que la densidad de carga es uniforme, y sus líneas irán hacia afuera a ambos lados del plano. El flujo ϕ ahora solo ocurre en las bases del cilindro, ya que en la superficie lateral del cilindro $\vec{E}$ y $\vec{S}$ son perpendiculares $\Rightarrow \phi = \vec{E} \cdot \vec{S} = E \cdot S \cdot \cos 90^\circ = 0$



$$\text{De nuevo aplicamos el teorema de Gauss: } \phi = \frac{Q}{\epsilon_0} = \vec{E} \cdot \vec{S} = E \cdot (2)S \cdot \cos 0^\circ$$

Hay flujo por las dos bases S

$$\frac{Q}{\epsilon_0} = E \cdot 2S \rightarrow E = \frac{Q}{2S\epsilon_0} \rightarrow \mathbf{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \text{ donde } \sigma = Q/S \text{ es la densidad de carga superficial}$$

El resultado no depende de la distancia al plano, lo que es característico de este tipo de distribución de carga.

ANALOGÍAS Y DIFERENCIAS ENTRE EL CAMPO ELÉCTRICO Y EL CAMPO GRAVITATORIO.

Analogías:

- Ambos son campos centrales y conservativos
- Sus intensidades decrecen con el cuadrado de la distancia
- Se representan gráficamente mediante líneas de campo y superficies equipotenciales

Diferencias:

CAMPO GRAVITATORIO	CAMPO ELÉCTRICO
Generado por masas	Generado por cargas
Fuerzas siempre atractivas	Fuerzas atractivas o repulsivas según signos de carga
La constante G no depende del medio	La constante K depende del medio
El potencial asociado a un punto es negativo	El potencial asociado a un punto depende del signo la carga
Las líneas de campo generan sumideros	Las líneas de campo generan fuentes o sumideros
Es una interacción débil (solo se percibe con grandes masas)	Es una interacción fuerte (se percibe con pequeñas cargas)

FÓRMULAS

Como verán todas las fórmulas son iguales cambiando m por q y G por K, y teniendo en cuenta que F, Ep y V en el campo gravitatorio siempre es negativo por ser de atracción, mientras que en el campo eléctrico no tiene signo explícito ya que dependerá del signo de las cargas.

MAGNITUD	CAMPO GRAVITATORIO	CAMPO ELÉCTRICO
FUERZA	$\vec{F} = -G \frac{Mm}{r^2} \vec{u}_r$	$\vec{F} = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}_r$
CAMPO	$g = G \frac{M}{r^2}$	$\vec{E} = K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$
FUERZA-CAMPO	$\vec{F} = \vec{p} = m\vec{g}$	$\vec{F} = q\vec{E}$
ENERGÍA POTENCIAL	$E_p = -G \frac{Mm}{r}$	$E_p = K \frac{Qq}{r}$
POTENCIAL	$V = -G \frac{M}{r}$	$V = K \frac{Q}{r}$
POTENCIAL-ENERGÍA POTENCIAL	$E_p = mV$	$E_p = qV$
TRABAJO	$W_{a \rightarrow b} = -\Delta E_p = -m(V_b - V_a)$	$W_{a \rightarrow b} = -\Delta E_p = -q(V_b - V_a)$