2. Al colocar una pequeña carga $q = 10^{-8}$ C en un punto dado de un campo eléctrico, se comprueba que la intensidad del campo en dicho punto es de 900 N/C.

Si en lugar de q se colocase una carga doble ($2 \cdot 10^{-8}$ C), el valor de la intensidad del campo eléctrico en ese mismo punto sería de:

a) 900 N/C
b) 450 N/C
c) 1800 N/C

La respuesta correcta para esta cuestión corresponde a la opción "a". Pero, según hemos podido comprobar, muchos alumnos se decantan por la opción "c". Conviene plantearnos la siguiente cuestión, para contribuir a superar esta dificultad:

Teniendo en cuenta la definición de campo eléctrico, repasad formalmente el procedimiento que ha de seguirse para determinar en la intensidad del campo eléctrico a que alude la cuestión anterior.

Partimos de la siguiente definición de intensidad del campo eléctrico en un punto:

Una magnitud que coincide en módulo, dirección y sentido (aunque con distinta unidad), con la fuerza que actuaría sobre la unidad de carga positiva si se la colocase en dicho punto[1].

Esta definición es acorde con el siguiente procedimiento que se ha de seguir para determinar la intensidad de campo en un punto P cualquiera del mismo:

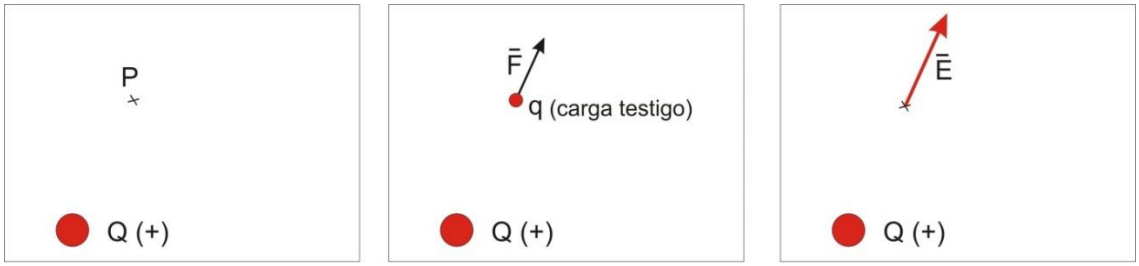
-Identificar en qué punto se desea realizar la determinación

-Colocar en ese punto una carga testigo (por convenio positiva) y comprobar si sobre ella se ejerce una fuerza eléctrica.

-Determinar la fuerza eléctrica ejercida sobre la carga testigo.

-Si la carga testigo fuese una carga unidad (1C), el valor (módulo) de la fuerza coincidiría con el de la intensidad del campo (también, la dirección y sentido de ambos vectores); si no es así, se ha de dividir el valor de la fuerza entre el valor de la carga testigo, para obtener de ese modo el valor de la fuerza por unidad de carga, es decir, el valor de la intensidad del campo.

El proceso anterior se puede clarificar mediante algunos dibujos como los siguientes:



[1] Atención: Intensidad del campo eléctrico y fuerza eléctrica son magnitudes distintas, que se miden en distintas unidades. Para evitar confusiones es mejor no utilizar definiciones del tipo: "Intensidad del campo eléctrico en un punto **es la fuerza** que actuaría sobre la unidad de carga positiva...

Esquema de la izquierda: Queremos saber el campo eléctrico que genera una carga, *Q* (se usa letra mayúscula para indicar que se trata de la carga creadora del campo), en un cierto punto P. *Q* puede tener cualquier signo y en este caso hemos supuesto que es una carga positiva.

Esquema central: Colocamos en ese punto P a una carga testigo, q (ahora se usa letra minúscula para indicar que es una carga "testigo" o carga de prueba), que, por convenio, ha de ser siempre positiva. Sobre esa carga testigo, *q*, se ejerce una fuerza eléctrica *F*, orientada como muestra el dibujo (en este caso *Q* y *q* se repelen), y cuyo módulo es:

$$F = K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

(r es la separación entre *Q* y *q*, o, lo que es igual, la distancia del punto P a la carga *Q*)

Esquema de la derecha: Obtenida la fuerza $\vec{F}$, el campo eléctrico $\vec{E}$ en el punto P se obtiene dividiendo $\vec{F}$ entre la carga testigo *q*. Por tanto, $\vec{E}$ es un vector orientado como la fuerza $\vec{F}$ y cuyo módulo en ese punto vendrá dado por:

$$E = \frac{F}{q} = K \cdot \frac{Q}{r^2}$$

El resultado muestra que *E* únicamente depende de *Q*, la carga creadora del campo (en valor absoluto) y de la distancia, *r*, a la que el punto P se encuentra de ella. Como es lógico, el valor de *E* es independiente de que en el punto P haya o no carga alguna.

Eso sí, si se colocara cualquier carga, como la carga testigo *q*, en ese punto P, el campo ejercería sobre ella una determinada fuerza de módulo *F*, y si la carga colocada ahí fuese el doble ($q' = 2 \cdot q$), la fuerza *F'* sobre ella sería también el doble ($F' = 2 \cdot F$), lo que no contradice que el campo en ese punto P tiene un valor determinado, el cual no depende de que carga podamos colocar en ese punto para detectarlo. En resumen:

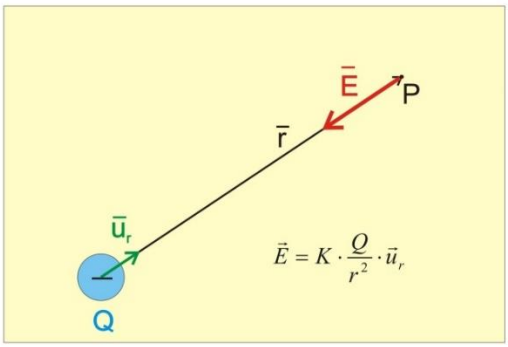
La intensidad de un campo eléctrico en un punto dado del mismo, no depende de la carga que pueda colocarse en dicho punto, pero sí de la carga o cargas que generan dicho campo.

Otra cuestión distinta, que hay que tener muy en cuenta con respecto al concepto de campo eléctrico, es el hecho de que su valor y/o su orientación, en la mayoría de casos, serán diferentes en distintos puntos del mismo. En el caso que acabamos de ver, si se coloca una determinada carga testigo, q, en dos lugares distintos (a diferente distancia de *Q*), dicha carga se ve sometida una fuerza diferente, por ser diferente el valor de la intensidad del campo.

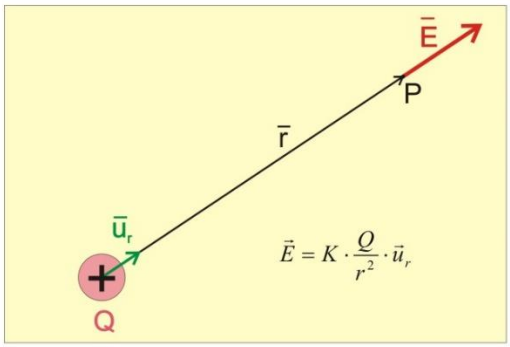
Para expresar vectorialmente la intensidad del campo generado por *Q*, consideraremos el vector $\vec{r}$ como un vector con origen en el punto donde se halla la carga *Q* generadora del campo y sentido hacia el punto P donde se va a evaluar la intensidad $\vec{E}$ del campo. El vector $\vec{u}_r$ es un vector unitario con la misma dirección y sentido que $\vec{r}$.

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

Es importante tener en cuenta que, en la expresión anterior, el valor de Q debe figurar siempre con su signo. De acuerdo con dicha expresión, la dirección de $\vec{E}$ será la de la recta que une la carga Q con el punto P, y el signo de Q es lo que determinará el sentido de $\vec{E}$ (hacia Q si esta es negativa y al contrario si es positiva), tal y como se muestra en las figuras siguientes:

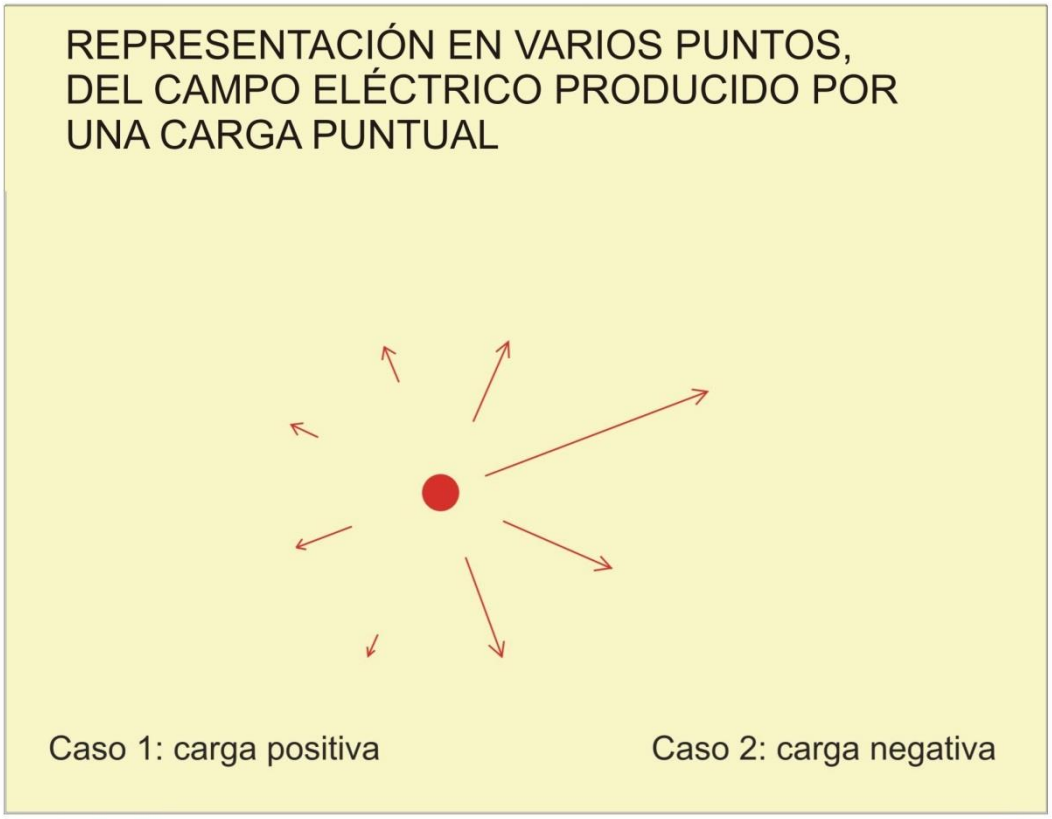


Intensidad del campo en P cuando Q es negativa



Intensidad del campo en P cuando Q es positiva

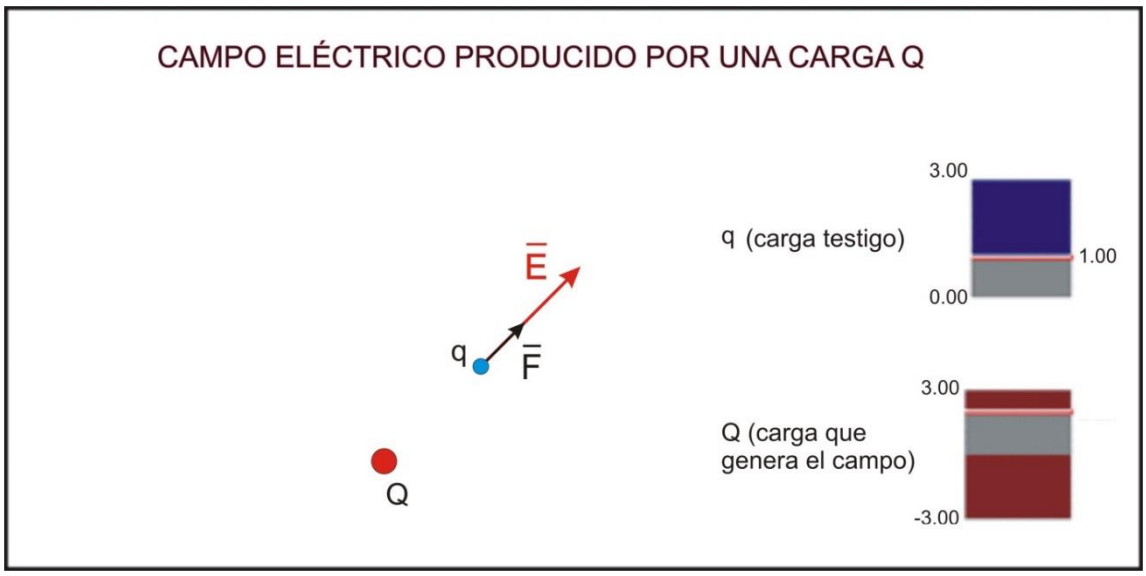
Para trabajar en algunos de estos conceptos que involucran al campo eléctrico hemos diseñado dos animaciones interactivas que pueden aprovecharse en clase o que, también, pueden usar autónomamente los estudiantes en sus casas como refuerzo.



La primera de estas animaciones (ved figura anterior), representa en algunos puntos al azar el vector intensidad del campo eléctrico generado por una supuesta carga puntual Q. El usuario puede elegir que Q sea positiva o negativa y, seguidamente, ha de ir moviendo el cursor por la pantalla en la que se van dibujando vectores intensidad en muchos puntos diferentes. El resultado permite constatar que, en la situación planteada, el campo eléctrico tiene geometría radial y que cada vector $\vec{E}$, tiene una longitud proporcional a su

valor (módulo) en cada punto. La imagen refleja el aspecto que va mostrando la pantalla para una carga generadora del campo que sea positiva.

La segunda animación trata específicamente la cuestión que acabamos de resolver. En la pantalla puede verse a una carga puntual *Q* que genera un campo eléctrico y a otra carga de prueba, q, sobre la que actúa dicho campo. Se dispone de dos controladores manuales con los que se pueden modificar los valores (en microculombios) de la carga testigo, *q*, y de la carga que genera el campo, *Q* (incluyendo la posibilidad de que *Q* sea positiva o negativa). Al hacerlo se constata que la intensidad del campo no depende de cuál sea la carga testigo que se coloque en el punto, pero sí, lógicamente, de la carga *Q* que genera ese campo. La animación también calcula en cada caso la fuerza que se ejerce sobre la carga testigo *q*, pudiéndose así comprobar que, por ejemplo, a un mismo valor del campo *E*, le corresponden distintos valores de *F* según sea el valor de la carga *q*. Colocando el cursor encima de la carga testigo *q*, también se puede mover ésta a cualquier otro lugar y ver cómo se orientan y que longitud tienen ahí los dos vectores representados ($\vec{E}$y $\vec{F}$).



Ambas animaciones están disponibles en esta página web de la Sección Local de Alicante de la Real Sociedad Española de Física (http://rsefalicante.umh.es/fisica.htm)