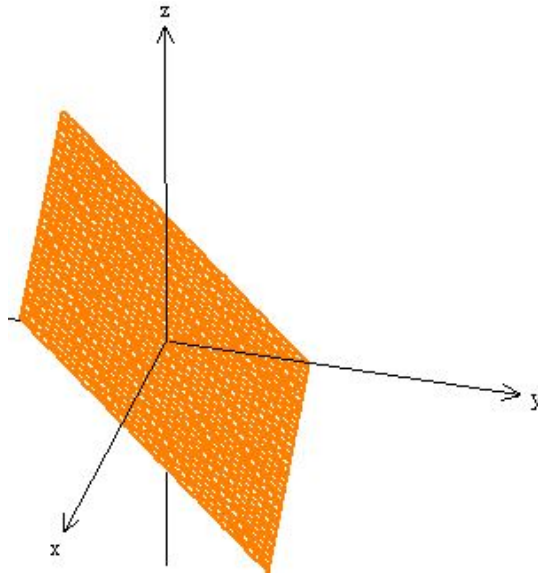


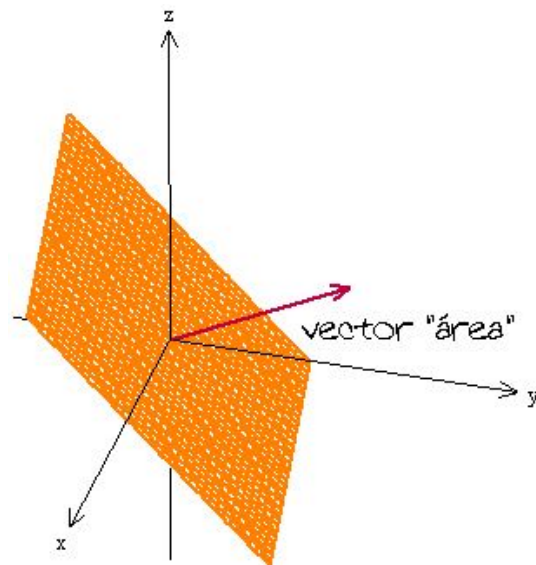
Campo Eléctrico (parte 3)

Flujo del campo eléctrico

Imaginen que tienen una cartulina del tamaño de una hoja de cuadernola, parecido a lo que se representa en la siguiente figura. Esta cartulina (=superficie) tiene cierta área A , y **una orientación en el espacio**.

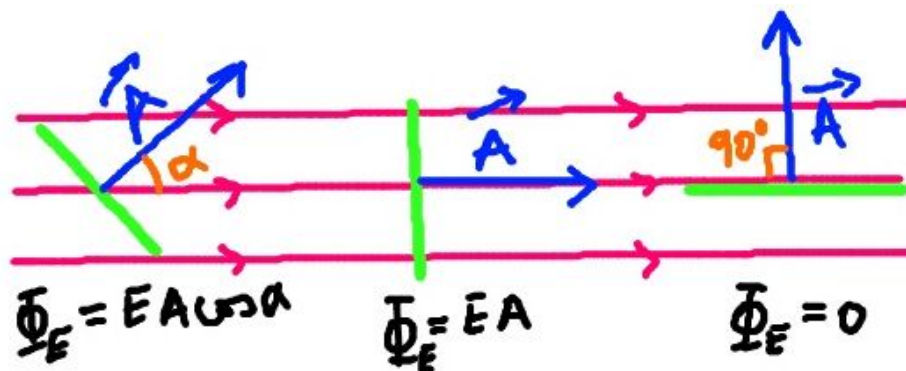


Como la superficie tiene orientación en el espacio, se inventó el “vector área” $\vec{A}$, cuya dirección **perpendicular a la superficie**, y su sentido en un determinado sistema de coordenadas, fija su orientación espacial, y el largo (=módulo) de este vector numéricamente coincide con su área.



Es decir: *todo lo que necesitamos saber sobre esa superficie con forma de cartulina rectangular queda concentrada en el vector $\vec{A}$* . Dicho de otra manera: conocido el “vector área” nos hacemos una idea de como esta la superficie orientada en el espacio, y que tan grande es.

Consideremos ahora un campo electrostático uniforme $\vec{E}$ representado por tres de sus líneas de campo horizontales, y tres “cartulinas” (en verde, vistas de perfil), iguales en área pero con distintas orientaciones dadas por sus respectivos “vectores área” (en azul)



El vector $\vec{A}$ de la “cartulina” izquierda forma un cierto ángulo α con las líneas del campo eléctrico, el vector $\vec{A}$ de la “cartulina” del medio forma un ángulo nulo ($\alpha = 0^\circ$) con las líneas del campo eléctrico, y finalmente, el vector $\vec{A}$ de la cartulina de la derecha forma un ángulo recto ($\alpha = 90^\circ$) con las líneas del campo eléctrico.

El flujo eléctrico, que vamos a representar con la letra griega mayúscula “fi”, Φ_E , está relacionado con la cantidad de líneas de campo eléctrico que atraviesa la superficie. El valor del flujo Φ_E dependerá por lo tanto de cómo esté orientada la superficie respecto a las líneas del campo eléctrico, y del tamaño de esta superficie. Ya estamos en condiciones de hacer algunas observaciones:

1. si la superficie es paralela (¡ojo!, $\alpha = 90^\circ$ o $\alpha = 270^\circ$) a las líneas del campo eléctrico, la superficie **no** intercepta ninguna línea del campo¹, por lo que el flujo será nulo ($\Phi_E = 0$);
2. Si la superficie es perpendicular ($\alpha = 0^\circ$ o $\alpha = 180^\circ$) a las líneas del campo, esta interceptará la máxima cantidad de líneas de campo que le sean posibles.
3. el flujo puede ser cero, positivo o negativo: si el ángulo α es nulo o agudo el flujo es positivo, y si es llano u obtuso el flujo es negativo (¿por qué?).

Todo lo anterior queda expresado en la siguiente ecuación:

$$\Phi_E = E \cdot A \cdot \cos \alpha$$

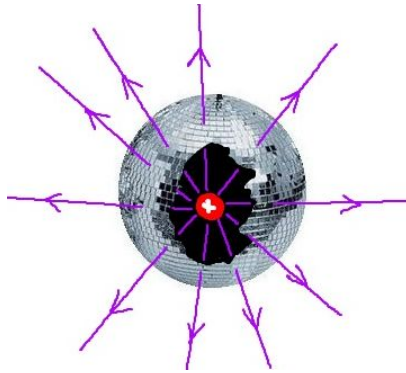
En honor a Gauss: la ley de Gauss _____

Una de las leyes fundamentales de la Teoría Electromagnética es la ley de **Carl Friedrich Gauss**.



¹Las líneas pasan por arriba o por debajo de la superficie.

Para poder entender la ley de Gauss, consideremos una superficie **cerrada**, como la de una bola de espejos bien conocida por todos. Supongamos además que dentro de la bola de espejo se situó una carga puntual positiva, aunque también podría ser negativa, da lo mismo.



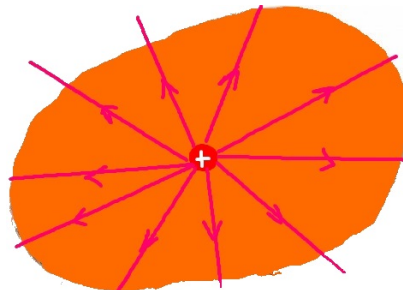
Por cada espejito tenemos cierto flujo de campo eléctrico. Si se suma el flujo del campo eléctrico por cada espejito, el flujo total a través de la bola de espejo, es igual al valor de la carga q , multiplicada por $1,13 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, es decir:

$$\Phi_E = 1,13 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \times q$$

Pero Gauss fue más lejos: el resultado anterior vale para cualquier superficie cerrada, como por ejemplo, la superficie de un boniato...



eso si, un boniato hueco, con la cascara super fina, super lisa, y sin “pocitos”. A esta superficie cerrada e ideal le vamos a llamar **gaussiana**. Supongamos que en el interior de esta gaussiana, colocamos la carga puntual positiva que estaba dentro de la bola de espejos.



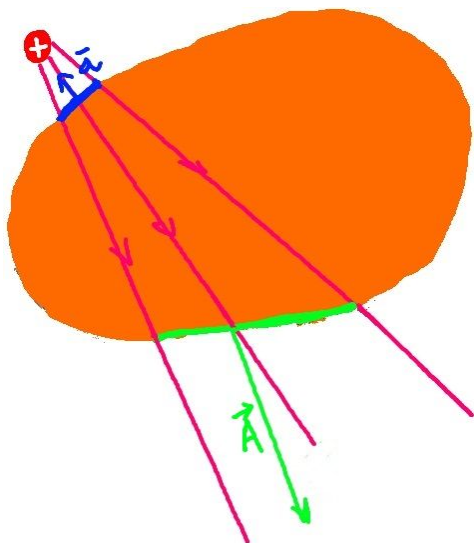
Básicamente lo que dice la ley de Gauss, es que sin importar la forma o el tamaño de la gaussiana, y de la cantidad de carga eléctrica que haya en su **interior**, el flujo del campo eléctrico debido a esa carga eléctrica interior, será igual a:

$$\Phi_E = 1,13 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \times q$$

siendo q la **carga neta interior a la gaussiana**.

Más aun, si en el interior de la gaussiana no hay carga eléctrica², o la carga neta es nula, entonces el flujo del campo eléctrico que atraviesa la gaussiana será nulo, es decir, $\Phi_E = 0$.

Supongamos que fuera de la gaussiana tenemos una carga puntual positiva.



El campo eléctrico entra a la gaussiana por la zona azul y sale por la zona verde. La zona azul tiene una área a chica, y el campo que la atraviesa es intenso, mientras que la zona verde tiene un área A grande pero el campo es menos intenso (¿por qué?). Se puede demostrar que los flujos entrante y salientes son iguales, y se anulan entre si, pues el flujo que entra es negativo, y el que sale es positivo (¿por qué?, vean el dibujo). Si se extiende el razonamiento a toda la gaussiana, se concluye que el flujo total (entrante + saliente) es nulo.

Para saber más clic [aquí](#).

Una aplicación tecnológica de la ley de Gauss: la jaula de Faraday _____

Una jaula de Faraday³ en su construcción más simple⁴ es un recinto metálico cerrado, hecho en chapa, papel aluminio, o con maya metálica; que se utiliza para aislar el interior de los campos eléctricos procedentes del exterior, y viceversa, aislar el exterior de los campos eléctricos originados en el interior de la jaula, en otras palabras: los campos interiores que sigan en el interior de la jaula, y los campos exteriores fuera de ella. . . ¡“nada de pasar fronteras”!

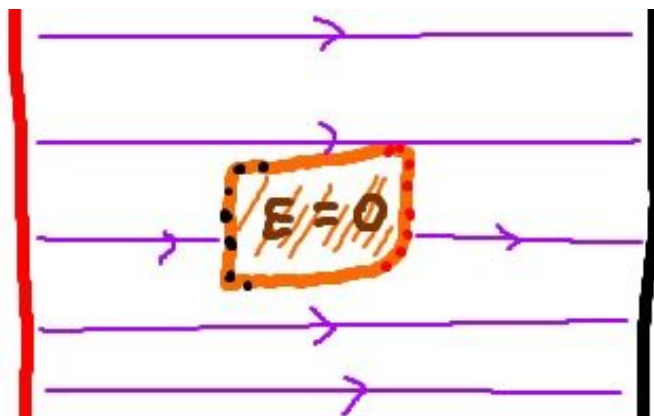
Tiene sus limitaciones: la jaula sirve a la perfección para los campos electrostáticos (los no variables en el tiempo), o para los campos eléctricos de variación “lenta”, como los campos eléctricos de las ondas de radio y de las microondas. . . ¡la que usan los celulares para comunicarse con la radiobase!

Para entender la relación con la ley de Gauss, consideremos la siguiente explicación clásica de libro y [Wikipedia](#): Supongamos que tenemos una caja de cobre dentro de un campo eléctrico uniforme debido a dos chapas cargadas, la roja positivamente, y la negra negativamente, tal como se representa en el siguiente dibujo.

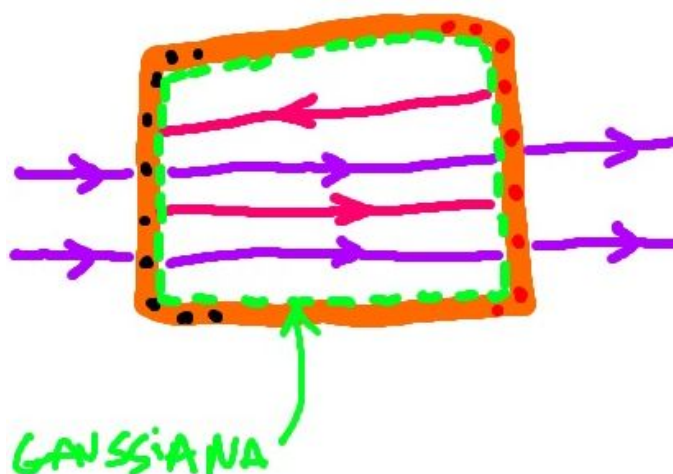
²No existe carga eléctrica alguna.

³De este señor, uno de los Físicos experimentalista más grande de la historia, tocará hablar más adelante.

⁴Una jaula de Faraday propiamente dicha, como la que se muestra en la siguiente página, son diseñadas por los ingenieros electricistas, y los cálculos para su diseño no son para nada simples.



Debido a este campo eléctrico **externo**, los electrones libres del cobre (puntos negros) tenderán a ubicarse sobre la cara de la caja más próxima a la chapa positiva, mientras que la cara opuesta de la caja, con menos electrones y exceso de protones (puntos rojos), queda cargada positivamente.



En estas condiciones, dentro de la caja existirán dos campos eléctricos, que al superponerse se anulan entre sí, haciendo que el campo eléctrico total (campo $\vec{E}$ exterior + campo $\vec{E}$ interior) en el interior de la caja sea cero, **algo que Faraday demostró experimentalmente**.

Pero, ¿dónde entra la ley de Gauss en la explicación anterior? Si “pegamos” la gaussiana (en verde) del lado de adentro de la caja, la gaussiana no contendrá ninguna carga eléctrica, y según la ley, el flujo del campo eléctrico a través de la gaussiana será nulo, es decir: $\Phi_E = 0$. Siguiendo el razonamiento, sabemos que el flujo del campo eléctrico a través de la gaussiana es:

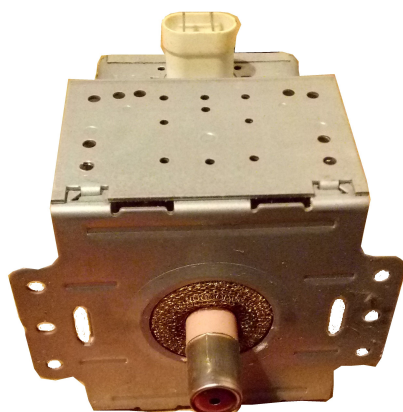
$$\text{flujo} = \text{campo eléctrico} \times \text{área de la gaussiana}$$

pero el área de la gaussiana no puede ser nula!, así que para que el flujo sea cero, necesariamente el campo eléctrico interior a la caja debe ser cero ($\vec{E} = 0$). **De esta manera se le da una explicación desde la teoría, a un descubrimiento realizado por Faraday años atrás.**

Dianna Cowern es una Física de EE.UU, y por suerte, además, es una **youtuber** que recomiendo.



Los hornos de microondas son un buen ejemplo de jaula de Faraday: las microondas generadas por el magnetrón dentro del horno se quedan dentro del horno, y esto tiene que ser así, **ipues de lo contrario no podrían usarse!**



Magnetrón

Presten atención al vidrio de la puerta del microondas, dentro tiene una maya metálica que completa la jaula de Faraday.

En este **video** Dianna nos explica (con experimentación de por medio) porque los hornos de microondas fallan (la mayoría de ellos) como jaulas de Faraday con las microondas emitidas por los celulares. Lo que Dianna hace en el video es muy sencillo de probar, y si deciden probar con algún horno microonda: ¡EN TODO MOMENTO EL HORNO DEBE ESTAR **APAGADO!**

Los chicos de Nissan, en su modelo Juke, pensaron en una jaula de Faraday (o Signal Shield) para teléfonos celulares, ¿para qué?, la respuesta en este **video**.



Finalmente, los autos pueden servir de jaula de Faraday que pueden protegernos de los rayos, y sino me creen, vean el siguiente [video](#).

Actividad _____

Después de todo lo dicho: ¿es una buena idea meter el router dentro de una jaula de Faraday para “protegerlo” de las microondas 5G?



¿Qué se dice en internet sobre este asunto?