Electrización

Fabián Trigo

Estudiante de Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso

# Resumen

El presente informe busca describir y explicar las 3 formas de electrización, demostrándolas con diferentes experimentos utilizando el generador de Van der Graaff; no sin antes entregar y explicar las herramientas necesarias para su entendimiento. No se aplicaron métodos de mediciones exactas más allá de medidores de campo electroestático, los efectos observados en los experimentos fueron chispas, repulsión y atracción de cuerpos a escalas visibles al ojo humano. Los experimentos fueron repetidos y continuaron con igual resultado. Finalmente, las formas de electrización fueron demostradas experimentalmente de manera exitosa.

# Introducción

*La palabra electricidad deriva del griego "elektron" que significa "ámbar". Tales de Mileto (600 años A.C.) descubrió que, frotando una varilla de ámbar con un paño, aquélla atraía pequeños objetos como cabellos, plumas, etc. Se dice que la varilla se ha electrizado.*

*– de infet.org fuente anónima*

La carga eléctrica es una propiedad que poseen las partículas, como la masa. El electrón posee una carga; el proton, posee una carga de signo contrario al electrón . La fuerza entre dos cuerpos eléctricos es la fuerza de Coulomb la cual es proporcional a la magnitud de las cargas y disminuye con el cuadrado de la distancia entre ellas, la fuerza será atractiva si las cargas son de signos contrarios y será repulsiva si las cargas son de igual signo, obsérvese *ecuación 1.*

1)

es la carga eléctrica de la carga 1

es la carga eléctrica de la carga 2

es la posición (vector) de la carga 1

es la posición (vector) de la carga 2

El uso de fuerzas es poco convencional, los científicos optaron por una herramienta útil y compacta: el campo electroestático. El campo electroestático lo crean las cargas eléctricas y describe en cada punto la fuerza que sufre una carga positiva en ese punto, dirección y magnitud. *Fig.0*. Piense en el campo eléctrico como la trayectoria del agua, a mayor intensidad de campo más rápida la corriente, las cargas positivas son fuentes donde nace el agua y se extiende hacia afuera, mientras que las cargas negativas son sumideros, donde el agua cae y desaparece. Si se tiene un campo producido por una carga negativa y una carga positiva móvil, la carga positiva se comportará como una partícula del fluido de nuestro análogo, luego de dejarla ir, acabará dirigiéndose junto a la carga negativa.

La *ecuación 2* presenta la definición del campo electroestático, esta ecuación funciona igual que la *ecuación 1*.

2)

La *ecuación 3* nos entrega el valor del campo electroestático producido por una carga para un punto **r**. La notación **E(r)** quiere decir que el valor del campo **E** depende del valor de **r**.

3)

El campo electroestático puede compactarse aún más, en matemática campos conservativos (en términos simples, campos puramente radiales, observar *fig.0* para un ejemplo, como el gravitacional o electroestático) pueden escribirse como la gradiente de una función escalar, aquí la definición del **potencial electroestático**, *ecuación 4.*

4)

Observar *fig.1* para mayor comprensión sobre el potencial electroestático. Y observar *fig.3* para un campo no radial.

**Las cargas positivas se mueven de mayor potencial a menor potencial** (las cargas negativas hacen lo opuesto), como el agua fluye de zonas más altas (de mayor potencial gravitacional) a zonas más bajas, la naturaleza actúa de tal forma para disminuir la energía potencial. Podemos así, predecir el movimiento de las cargas con el potencial electroestático.

En síntesis, cargas positivas producen campos electroestáticos que salen de esta (al situar una carga positiva cerca se alejara) y poseen potenciales positivos *fig.2, izquierda*. y cargas negativas producen campos electroestáticos que entran como un sumidero (al situar una carga positiva cerca se aproximara) y poseen potenciales negativos (nuevamente pensar en sumideros) *fig. 2, derecha.*

Todo lo anterior no aplica puramente a partículas puntuales (cargas como el electrón o el protón):

La fuerza neta que sufre una partícula puede calcularse como la suma de todas las fuerzas por las que es afectada (recordar que estas son cantidades vectoriales) observar *ecuación 5*. Llamamos a lo anterior el **principio de superposición**.

5)

El principio de superposición es a su vez aplicable con el campo electroestático, observar *ecuación 6*, por ello basta con sumar el campo electroestático producido por cada partícula en el cuerpo, claro que este cálculo no es factible, realizamos una aproximación, sumando el efecto electroestático de secciones infinitesimales de masa (los llamaremos diferenciales de masa), observar *ecuación 7*.

6)

7)

es la posición de la sección infinitesimal de masa

es la densidad de carga en el punto

Definiremos los **electrones de valencia**:

Los electrones se dividen en distintas “capas” en un átomo, los elementos buscan la estabilidad, esto quiere decir que aceptaran, cederán o compartirán electrones con otros átomos para alcanzar un estado de equilibrio, el cual sucede cuando el ultimo nivel (le llamaremos orbital desde ahora) está en su capacidad máxima de electrones. Cuando hablamos de **electrones de valencia** nos referimos a electrones que se encuentran en la última capa sin esta estar completa, estos están ligados débilmente a su átomo, estos electrones son móviles y se comportan de manera flexible para que el átomo a alcance la estabilidad. Los electrones de valencia se pueden mover de un electrón a otro, las trataremos por ello como las cargas móviles en todas las situaciones.

Por último, es necesario definir dos tipos de materiales, los aislantes y los conductores:

**Los conductores** se componen de átomos que poseen electrones de valencia, estos se pueden movilizar libremente a través del cuerpo, si al cuerpo lo sometemos a un campo electroestático originado por una fuente cargada positivamente, los electrones se desplazarán a la superficie del cuerpo más acercada a la fuente del campo y si por el contrario sometemos al conductor a un cuerpo cargado negativamente los electrones se moverán a la superficie más alejada de la fuente.

**Los aislantes** son materiales que presentan una gran resistencia a que las cargas que lo componen se muevan.

Ahora que poseemos un entendimiento de materiales, fuerzas electroestáticas entre partículas cargadas y herramientas matemáticas para predecir su movimiento, tenemos las bases para hablar de la electrización de cuerpos.

Las formas de electrización son 3: contacto, frotamiento e inducción, en el presente informe se explicará cada una de estas.

**La electrización por frotamiento** se produce al frotar los dos cuerpos en una dirección, el ejemplo moderno y popular es frotar un globo contra el cabello, estos quedan cargados y observamos al cabello acercarse al globo cuando alejamos a este. Este efecto sucede por que algunos materiales tienden a perder sus electrones más fácilmente que otros. Materiales que tienden a perder electrones se les considera más positivos en la serie triboeléctrica y materiales que tienden a capturar electrones se les considera mas negativos en la serie triboeléctrica.

Serie triboeléctrica con algunas materiales, de positivo a negativo:

Piel de conejo, vidrio, pelo humano, nylon, lana, seda, papel, algodón, madera, ámbar, polyester, poliuretano, vinilo (PVC), teflón.

**La electrización por inducción** es producida en cuerpos bajo la influencia de un campo electroestático reordenan sus cargas u orientación molecular, dando lugar así a superficies cargadas eléctricamente.

**La electrización por contacto** sucede cuando dos cuerpos con cargas distintas entran en contacto, producto de la diferencia de potencial electroestático entre los cuerpos hay un intercambio de cargas entre los cuerpos hasta que estos se encuentren en un equilibrio (igual potencial electroestático).

# Materiales y métodos

Se realizarán diferentes experimentos para demostrar y arrojar luz a las diferentes formas de electrización, por ello se dividirá este apartado en distintos experimentos. Los materiales necesarios para estos experimentos son:

* Un generador de Van der Graaff *(se adjunta un videotutorial en la bibliografía)*
* Un banco con patas de madera u otro material no conductor
* Tubo fluorescente
* Medidores de Campo Electroestático, positivo y negativo
* Sujetos de prueba
* Bolita de aluminio atada a un cordel



Para los siguientes experimentos, previamente se procedió a conectar el generador de Van der Graaff sobre una superficie estable.

Experimento 0: Se abrió y observó el funcionamiento interno del generador, finalmente se vuelve a cerrar el generador.

Experimento 1: Se aproximaron los medidores de campo electroestático al generador, siguiente paso se alejan hasta que la influencia del generador no los afecte, se recordó la distancia y se observó la modificación en las mediciones.

Experimento 2: Los medidores de campo electroestático fueron puestos en contacto con el generador, siguiente paso se alejaron a la misma distancia de “no influencia” del experimento 1, se observaron las mediciones en el aparato medidor. El aparato fue descargado contactándolo a un material conductor, en el caso del experimento fue la pata metálica de una mesa y nuevamente se realizó el experimento 1.

Experimento 3: Se situó un experimentador sobre un banco no conductor y entro en contacto con el generador, se continuo a tocar al experimentador y observar lo sucedido. Un segundo experimentador tomo la mano del primero, un tercer experimentador acerco su dedo al del segundo experimentador, se observa lo sucedido. El tercer experimentador tomo la mano del segundo y un cuarto experimentador acerco su dedo al del tercer experimentador, se observa lo sucedido.

Experimento 4: la bola de aluminio se encuentra suspendida por un cordel, se aproxima al generador de Van der Graaf, se observa lo sucedido, luego entra en contacto con el generador, se observa lo sucedido.

# Resultados y análisis

Experimento 1: Los aparatos medidores registraban una mayor intensidad de campo electroestático cerca del generador y el cual decae al alejar el aparato de medición del generador.

Experimento 2: Los aparatos medidores registraban campo electroestático aun al alejarse del generador, sus mediciones no eran acertadas.

Experimento 3: Cuando el segundo experimentador se acercó al primer experimentador se observaron chispas de igual magnitud que las del generador, no se detectaron grandes pérdidas en la intensidad de las chispas, sin embargo, cuando se continuo a conectar el primer y segundo experimentador y un tercero se acercó al segundo, las chispas eran de baja intensidad o en algunos casos no había chispas.

Experimento 4: Cuando la bola se encontraba suspendida por el cordel sin tocar el generador, una cara de esta bola era afectada por una fuerza atractiva hacia el generador.

Una vez la bola de aluminio toco el generador, esta continuo a repelerse del generador cada vez que se acercaba demasiado.

# Conclusiones y Discusión

Los diferentes experimentos nos entregaron argumentos favorables a la teoría de la electrización:

**La electrización por frotamiento** fue observable en el experimento 0: El interior del generador se compone principalmente de una banda de material aislante, como caucho, la cual gira frotando una escobilla de cobre conectada a la superficie de carga del generador, la escobilla y la banda se carga producto del frotamiento, debido a que la escobilla permanece conectada a la superficie de carga del generador eléctricamente se comportan como el mismo cuerpo, por ello, la carga en la superficie metálica del generador. El experimento 1 comprueba la presencia de carga electroestática no nula en el generador.

**La electrización por inducción** fue observada en la primera parte del experimento 4, cuando una cara de la bola se veía atraída al generador, esto sucedió por que las cargas se reordenaron, el generador estaba cargado negativamente, así que las cargas negativas en la bola se alejaron del generador y las cargas positivas se acercaron, luego la fuerza de atracción fue producto de la fuerza de Coulomb entre cargas contrarias.

La electrización por inducción también fue observable en el experimento 1, los medidores de campo electroestático funcionan a base de el principio de inducción.

**La electrización por contacto** fue observable en el *experimento 2*, los medidores de campo electroestático registraron mediciones a pesar de la distancia del generador, esto se produjo debido a que la carga total en el aparato fue modificada producto del contacto, modificando así las mediciones. Luego de la descarga se repitió el *experimento 1* y esta vez las mediciones fueron correctas, se comprobó la hipótesis, el aparato se había cargado.

La electrización por contacto tiene sus bases en el **potencial electroestático** y como este dicta el comportamiento de las cargas. Los efectos y funcionamientos del potencial fueron observados en el *experimento 3*, las pérdidas de intensidad de las chispas son debido a que el segundo experimentador, al no estar sobre un banco de material no conductor, algunas cargas “escaparon” por sus pies al piso, esto debido a que el piso posee un potencial prácticamente nulo (a este cuerpo se le llama tierra) por lo que los excesos de carga tienden a acabar allí, en el estudio de la electricidad decimos que el segundo experimentador esta aterrizado. Cuando se continuo el experimento conectando a un tercer experimentador, también aterrizado, las chispas fueron casi nulas, esto lo atribuimos a la resistencia eléctrica del cuerpo humano y a más pies tocando el piso, por ello aumentando los caminos por los que las cargas podían acabar en tierra.

La electrización por contacto provoca que los dos cuerpos tengan potenciales similares, para comprobar esto, se recuerda que cuerpos con potencial negativo están cargados negativamente, por ello al cargar un cuerpo por contacto (no aterrizado, para que no se pierda el exceso de carga) el cuerpo y el generador deberían de repelerse. Esto es observable en el experimento 4, cuando la bola de aluminio toca el generador y luego se aleja, producto de la fuerza de Coulomb entre cargas idénticas.

En síntesis, se observa el potencial electroestático y como este dicta el movimiento de las cargas, y se comprueba la electrización por frotamiento, inducción y contacto.

## Bibliografía

Videotutorial generador de Van der Graaff - https://www.youtube.com/watch?v=vy-joA2ycA4

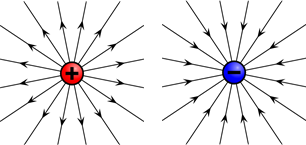
Serie triboeléctrica - http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica\_/elecmagnet/campo\_electrico/fuerza/fuerza.html

Figura 0 - https://socratic.org/questions/5987a5b47c01497462e0122c

Figuras 1 y 2 hechas en Wolfram Mathematica 12.

Figura Campo no Rotacional - https://www.physicsforums.com/insights/are-magnetic-field-lines-real/

# Figuras:

*Fig. 0* – **Campo Electroestático**

El campo electroestático de una carga puntual positiva (izquierda) y negativa (derecha), el campo electroestático es un campo vectorial, cada posición tiene asociado un vector el cual su dirección y magnitud es el de la fuerza que experimentaría una carga de prueba. El campo electroestático es un campo radial, que apunta en la dirección del radio de una rueda.

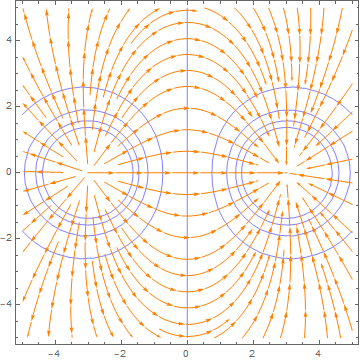


Fig. 1 – **Campo y Potencial**

El campo vectorial E (flechas naranjas). Este puede representarse por medio del potencial electroestático (líneas blancas representan líneas equipotenciales).

Imagen que contiene tarjeta de presentación

Descripción generada automáticamenteImagen que contiene texto

Descripción generada automáticamente

Fig. 2 – **Potencial Electroestático**

A la izquierda el potencial electroestático de una carga positiva se asemeja a una fuente de agua, a la derecha el potencial electroestático de una carga negativa se asemeja a un sumidero.

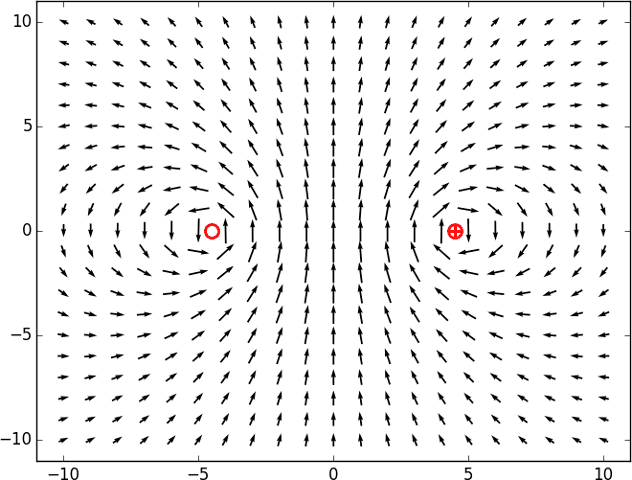


Fig. 3 – **Campo no Radial**

La imagen muestra el campo magnético producido por corrientes que “salen” del grafico (izquierda) y por corrientes que “entran” del grafico (derecha).