



2. Electrostática - Cuantitativo

2.1 Objetivos

2.1.1 General

Estudiar experimentalmente fenómenos electrostáticos cuantificando la redistribución de carga mediante procesos de fricción, contacto e inducción.

2.1.2 Específicos

- Observar de forma experimental fenómenos electrostáticos de separación de carga eléctrica por fricción, carga por contacto y carga por inducción.
- Realizar medidas cuantitativas de fenómenos electrostáticos de separación de carga eléctrica por fricción, carga por contacto y carga por inducción.
- Construir explicaciones a los diferentes fenómenos electrostáticos.

2.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

Desde muy pequeños los efectos de la electricidad estática se nos hacen familiares, mucho mas, para algunas personas que son más susceptibles que otras a su influencia.

La electricidad estática, se evidencia cuando se frota objetos entre si. Por ejemplo, después de frotar un bolígrafo con nuestro cabello (seco y libre de grasa) es fácil comprobar que atrae pequeños trozos de papel. La explicación a este tipo de fenómenos se puede evidenciar desde las características eléctricas de la materia. En general la materia es neutra, es decir; tiene el mismo número de cargas positivas y negativas.

Múltiples experimentos a lo largo de la historia ha permitido al hombre concluir que:

1. La materia contiene dos tipos de cargas eléctricas denominadas; positiva y negativa.
2. Los objetos no cargados poseen cantidades iguales de cada tipo de carga.
3. Por medio de la fricción la carga se puede transferir de un cuerpo a otro, uno adquiere un exceso de carga positiva, mientras el otro, un exceso de carga negativa.
4. En cualquier proceso que ocurra en un sistema aislado, la carga total o neta no cambia. (Principio de conservación de la carga eléctrica).
5. Existen átomos (materiales) con más facilidad para perder electrones que otros.
6. Los objetos cargados con cargas del mismo signo, se repelen.
7. Los objetos cargados con cargas de distinto signo, se atraen.

Para la detección y medición de la electricidad estática se suele utilizar un electroscopio (ver figura 2.1(a)), sin embargo, este tipo de dispositivos permite observar el fenómeno sin conseguir identificar adecuadamente el tipo de carga ni cuantificarla.



Figura 2.1: Dispositivos experimentales para detectar y cuantificar carga electrostática.

Por otro lado, gracias a avances tecnológicos de esta era, se han desarrollado sensores de carga estática como el que se observa en la figura 2.1(b) que facilitan la medición, cuantificación e identificación del tipo de carga.

2.2.1 Electrización por fricción y por contacto

Fricción: Consiste en frotar un cuerpo con otro. Los electrones pasan de uno de ellos (que queda cargado positivamente) al otro (que queda cargado negativamente). La carga transferida depende de la presión ejercida al frotar, de la temperatura, el tiempo que tarda fracción, de la humedad y un sin número adicional de variables y condiciones frecuentemente difíciles de controlar.

Serie Tribológica

+ Mayor carga positiva

Aire
Piel humana
Cuero
Piel de conejo
Vidrio
Cuarzo Mica
Pelo humano
Nylon
Lana
Plomo
Piel de gato
Seda
Aluminio
Papel (pequeña carga positiva)

Algodón (sin carga)

0

Acero (sin carga)

Madera (pequeña carga negativa)
Polimetilmetacrilato
Ámbar
Lacre
Acrílico
Poliestireno
Globo de goma
Resinas
Goma dura
Níquel, Cobre
Azufre
Bronce, Plata
Oro, Platino
Acetato, Rayón
Goma sintética
Poliéster
Espuma de poliestireno
Orlón
Papel film para embalar
Poliuretano
Polietileno (cinta Scotch)
Polipropileno
Vinilo (PVC)
Silicio
Teflón
Silicona
Ebonita

- Mayor carga negativa

Contacto: Cuando un cuerpo u objeto posee un exceso de carga de un signo y se pone en contacto con un cuerpo eléctricamente neutro, pueden pasar a éste cargas del primero.

El intercambio de carga entre dos materiales después de friccionarlos y/o ponerlos en contacto entre sí es denominado triboelectricidad y casi todos los materiales son triboeléctricos.

La triboelectricidad explica adecuadamente por qué el cuerpo humano adquiere carga por fricción con la ropa, con materiales que utiliza cotidianamente y/o por contacto con objetos cargados. Es importante resaltar que la descarga de objetos cargados triboeléctricamente está estrechamente relacionada con la humedad del ambiente.

Para caracterizar electrostáticamente los materiales se utiliza la serie tribológica. Los materiales se organizan en una lista (o serie) desde los mas positivos hasta los mas negativos, facilitando la identificación de cómo se carga un material cuando entra en contacto o fricción con otro.

Si dos de los materiales que se encuentran en la serie se ponen en contacto o fricción, el más bajo de la serie ganará electrones y adquirirá una carga negativa. El otro por el contrario será el que pierda electrones, cargándose positivamente.

Cuanto más separados se hallen los materiales en la serie, mayor es la transferencia de carga, por ejemplo, para los materiales de la serie mostrada en este documento si friccionamos pelo humano con teflón, el primero cederá electrones al segundo con una gran facilidad, sin embargo, si friccionamos seda con aluminio, a pesar de que la seda entregará electrones al aluminio para que este quede cargado negativamente, será muy pequeña la transferencia de carga debido a que la separación en la serie tribológica es muy corta.

Debe tenerse presente que el fenómeno triboeléctrico depende del estado de las superficies, la temperatura y otros factores, que pueden alterar algunas posiciones de la serie.

2.2.2 Electrización por inducción

Un método práctico para cargar un conductor aprovechándose de sus propiedades conductoras se muestra en la figura 2.2. Si dos esferas metálicas sin cargar se encuentran en contacto. Y se aproxima una barra cargada a una de las esferas, electrones libres de una esfera se mueven de una esfera a la otra. Por ejemplo: una barra con carga positiva, atrae electrones cargados negativamente y la esfera más próxima a la barra adquiere electrones de la otra.

La esfera más cercana a la barra adquiere carga negativa y la más alejada carga positiva (ver figura 2.2(a)). Ahora, si se separan las esferas sin alejar la varilla (ver figura 2.2(b)), quedan cargadas con igual valor y opuestas (ver figura 2.2(c)).

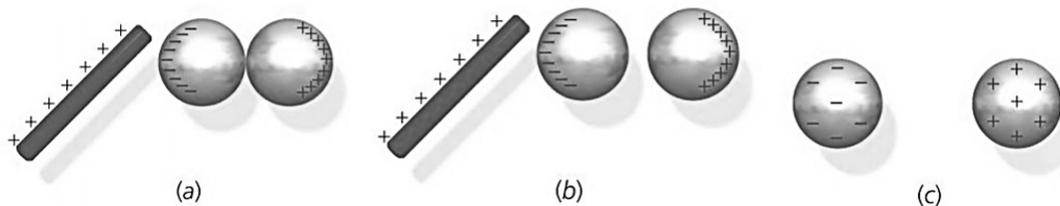


Figura 2.2: Proceso de carga por inducción.

Si la varilla se encontrará cargada negativamente se consigue un resultado completamente análogo al anterior. Por otra parte, la tierra constituye un conductor que se considera infinitamente grande para muchas aplicaciones. En el estudio de la electricidad es común la expresión puesta a tierra o conexión a tierra y alude a poner en contacto un conductor con la tierra.

La representación esquemática de esta conexión a tierra se hace mediante un cable de conducción que termina en unas pequeñas líneas horizontales como se observa en la figura 2.3(c) y es posible usar la conexión a tierra para cargar un conductor por inducción.

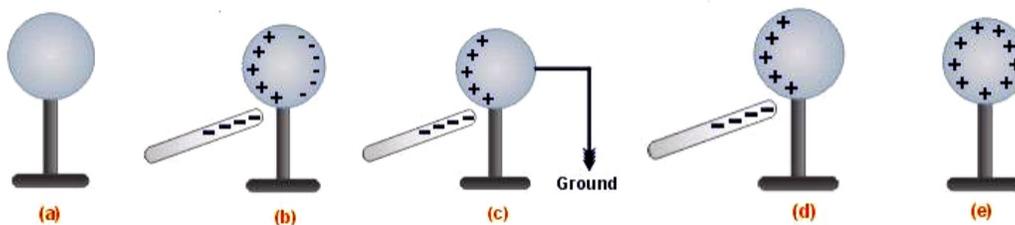


Figura 2.3: Proceso de carga por inducción.

En la figura 2.3(a) se muestra una esfera conductora descargada, en la figura 2.3(b) se acerca una barra cargada negativamente a una esfera conductora sin carga. Los electrones son repelidos ubicándose

2.3 Actividades Previas al Laboratorio

21

en el extremo derecho de la esfera, dejando el extremo cercano con carga positiva. Si se conecta a tierra la esfera con la barra cargada presente, aquella adquiere una carga opuesta a la de la barra, ya que los electrones se desplazan a través de hilo conductor hacia la tierra como se muestra en la figura 2.3(c). La conexión a tierra se interrumpe antes de retirar la barra con el objetivo de completar la carga en la esfera como se observa en la figura 2.3(d). Retirando entonces la barra, la esfera queda cargada positivamente (figura 2.3(e)). Proceso análogo sucedería si la barra se encontrara cargada con carga positiva.

2.3 Actividades Previas al Laboratorio

Use sus apuntes de clase, lecturas adicionales, referencias bibliográficas propuestas en esta guía y/o adicionales, para contestar en forma adecuada las situaciones relacionadas con la densidad de diferentes sólidos y fluidos, propuestas a continuación:

1. ¿Cuál es la unidad en el Sistema Internacional (S.I) que facilita la medición de la carga eléctrica?
2. ¿Cuál es el mínimo valor posible de carga eléctrica que se puede conseguir?
3. ¿Qué es el principio de conservación de la carga eléctrica? ¿Cuales son los componentes fundamentales de la materia?
4. Usando la serie tribológica mencionada en una sección anterior de este documento. Analice, explique detalladamente y argumente. ¿Qué sucede con la redistribución de la carga eléctrica si se frota una lamina de vidrio con un globo de piñata?
5. ¿Qué significa una conexión a tierra? ¿Cómo se realiza una conexión a tierra para realizar descargas electrostáticas en el cuerpo humano?

2.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Cubeta de Faraday (Vaso de aluminio).
2. Jaula de Faraday (Jaula metálica de alambre).
3. Base para jaula y cubeta (Disco color verde).
4. Dos cables de puesta a tierra caimán-caimán (color negro).
5. Plano de puesta a tierra (Hoja de metal plana).
6. Manilla electrostática.
7. Un plano de prueba.
8. Dos separadores de carga (PVC y Nylon).
9. Sensor de carga electrostática.
10. Computador con puerto USB disponible ó dispositivo movil (smartphone, tablet, etc) con Vernier Graphical Analysis. Descárguela [aquí para Windows/macOS](#) ó en la tienda que corresponda (AppStore / Google Play) para su dispositivo móvil.
11. Guía de Laboratorio.



Figura 2.4: Kit de electrostática.

2.5 Procedimiento

2.5.1 Configuración del experimento

Antes de comenzar con los experimentos se debe realizar la configuración del equipo experimental. Para conseguir resultados adecuados tenga presente los siguientes pasos.

1. Coloque la base para la jaula y la cubeta de Faraday encima del plano de puesta a tierra.
2. Agregue la jaula y la cubeta de Faraday, asegurándolos en el disco adecuadamente.
3. Conecte un cable de conexión a tierra entre la jaula y el plano de puesta a tierra.
4. Conecte el caimán negro del sensor de carga al plano de puesta a tierra. Y, el caimán rojo del sensor de carga a la cubeta de Faraday (los caimanes rojo y negro se observan en el recuadro violeta de la figura 2.8).
5. Asegúrese que el conector BNC de los cables de prueba esta conectado adecuadamente al sensor de carga (ver recuadro verde en la figura 2.8).
6. Antes de continuar asegúrese de instalar en el dispositivo a usar la aplicación Vernier Graphical Analysis. Descárguela [aquí para Windows/macOS](#) ó en la tienda que corresponda (AppStore / Google Play) para su dispositivo móvil.
7. Conecte el sensor de carga eléctrica al PC o dispositivo móvil, bien sea mediante cable USB ó conexión bluetooth. Abra el Vernier Graphical Analysis, asegúrese que el software a detectado el sensor conectado.
8. En la parte inferior de la pantalla ubique la opción *Ajustes de la toma de datos* como se muestra en la figura 2.5, e ingrese a ella.



Figura 2.5: Ajuste de la toma de datos.

9. Configure las opciones como se muestra en la figura 2.6. De forma tal que, la duración de la recopilación de datos sea 60 segundos, con una tasa de recopilación de datos a 10 lecturas/muestras por segundo y de manera manual.

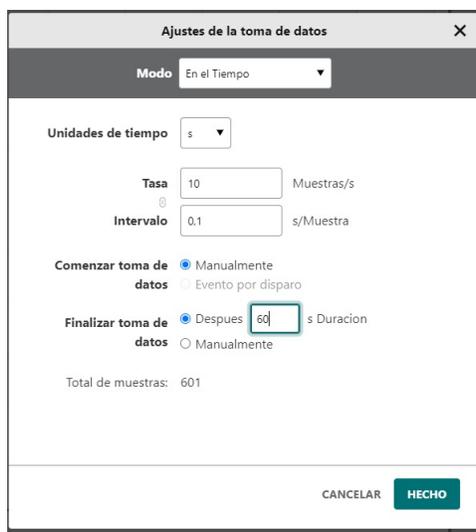


Figura 2.6: Ajuste de las propiedades de muestreo en la toma de datos.

10. En las opciones medida de la parte superior derecha del programa active *Grafica*: Permite observar la gráfica de carga en función del tiempo y *metros*: Muestra el valor instantáneo de la carga detectada por el sensor.

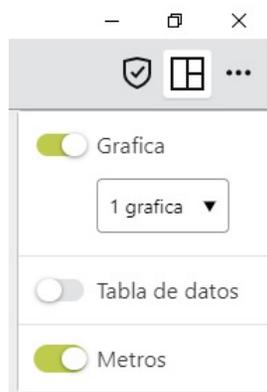


Figura 2.7: Ajuste de opciones del programa.

IMPORTANTE: El sensor de carga es capaz de medir cantidades muy pequeñas de carga eléctrica. A medida que avanza con los diferentes procedimientos de la practica, se puede generar en el equipo carga no deseada de forma accidental o intencional.

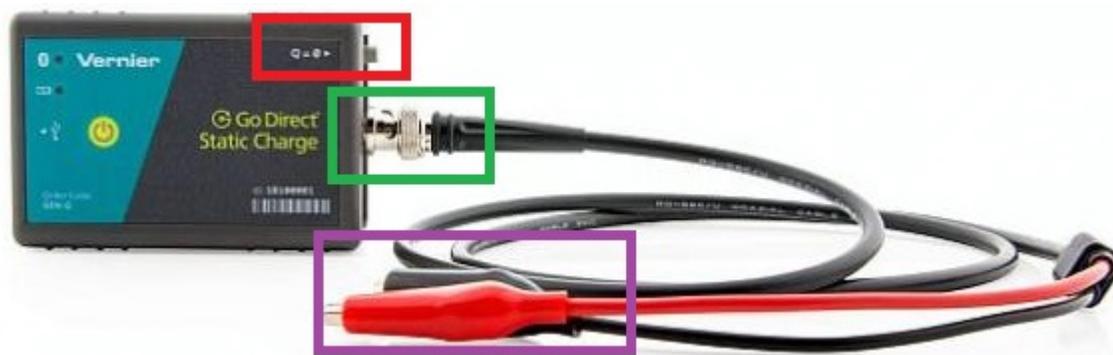


Figura 2.8: Elementos del sensor de carga.

Para evitar inconvenientes con valores de carga remanentes, frecuentemente quite o lleve a tierra la carga no deseada que se encuentre en la cubeta de Faraday o en el sensor realizando los siguientes pasos:

1. Identifique el botón de Reset del sensor de carga (recuadro rojo en la figura 2.8).
2. Conecte el segundo cable caimán-caimán de puesta a tierra entre la jaula y la cubeta de Faraday.
3. Pulse el botón de Reset del sensor por unos segundos (recuadro rojo en la figura 2.8).
4. Sin tocar con sus manos la cubeta de Faraday desconecte el cable caimán-caimán de la cubeta.
5. Asegúrese que su sensor permanezca en un valor pequeño de carga. Entre 0 y $\pm 0,04 \text{ nC}$;

debido a la sensibilidad del mismo es difícil garantizar el valor 0 nC pero un valor entre $\pm 0,04 \text{ nC}$ le permitirá asegurar que se encuentra totalmente descargado. Tenga presente esa característica en el comportamiento de sus mediciones para contemplarla en sus análisis de datos y errores experimentales.

IMPORTANTE: Ya se encuentra todo listo para medir la carga de los objetos que se insertan en el interior de la cubeta de Faraday.

2.5.2 Electricidad estática en el cuerpo humano

Este procedimiento permite evidenciar la cantidad de carga electrostática que puede residir en el cuerpo humano. Adicionalmente, muestra métodos que permiten minimizar los efectos de acumulación de carga para los procedimientos experimentales posteriores.

El análisis que debe realizar es semi-cuantitativo. Debe fijarse en el tamaño relativo y el signo que le facilite el sensor de carga para especificar sus observaciones, sin embargo no es necesario el valor exacto que consiga medir.

1. Configure la cubeta de Faraday y el sensor de carga como se muestra en la figura 2.9 (si aún no lo ha hecho).

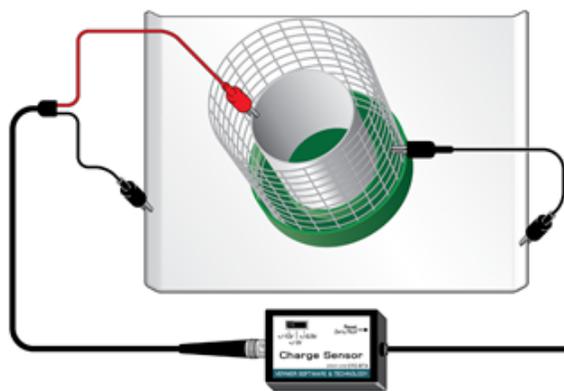


Figura 2.9: Configuración de la cubeta de Faraday y el sensor de carga.

2. Raspe sus zapatos en el suelo. Inserte un dedo en la cubeta de Faraday sin tocar la cubeta ni la jaula. Observe las lecturas proporcionadas por el sensor.
3. Retire el dedo. Nuevamente, observe las lecturas proporcionadas por el sensor. Registre sus hallazgos.
4. Toque el plano de puesta a tierra con su dedo.
5. Nuevamente, inserte su dedo en la cubeta sin tocar la cubeta ni la jaula. Observe la lectura proporcionada por el sensor.

6. Retire el dedo. Nuevamente, observe la lectura proporcionada por el sensor. Comente sus observaciones y explicaciones de manera ordenada. Por ejemplo: usando la tabla 2.1 y completando su informe con registro fotográfico.

Paso	Observación	Explicación física de lo observado
2		
3		
4		
5		
6		

Tabla 2.1: Observaciones experimentales

7. Si es posible, repita los pasos 2 al 6 usando una combinación diferente de tipo de zapato o piso (quizás sus compañeros de laboratorio tenga un tipo de zapato diferente o una alfombra se encuentre disponible). En sus observaciones asegúrese de registrar con claridad lo que ha cambiado: zapato, persona, tipo de piso, etc.
8. Conecte a tierra la cubeta y calibre a cero del sensor presionando y manteniendo presionado por algunos segundos el botón Reset (recuadro rojo en la figura 2.8).
9. Coloque la manilla electrostática en la muñeca de su mano dominante asegúrela muy bien.
10. Conecte el caimán de la manilla al plano de puesta a tierra.
11. Repita los pasos 2 al 6. (Nota: La única diferencia es que esta vez utilizará la manilla electrostática.). Nuevamente, comente sus observaciones y explicaciones de manera ordenada. Por ejemplo: usando la tabla 2.1 y completando su informe con registro fotográfico.

2.5.3 Descarga electrostática de los materiales de estudio

Antes de iniciar cualquiera de los tres procedimientos posteriores, se debe garantizar que los elementos con que realizaremos las experiencias se encuentran eléctricamente neutros. Para descargar los elementos realice los siguientes pasos:

1. Humedezca un poco, una región pequeña del paño de algodón.
2. Para eliminar cualquier carga residual existente en los separadores de carga, frote cada separador de carga, uno a la vez, con la región del trapo de algodón humedecido anteriormente. **¡OJO!: Tenga mucho cuidado de no frotar al tiempo los dos separadores de carga y el paño de algodón, esto podría resultar en una acumulación de carga en alguno ó incluso en los dos separadores.**
3. Inserte los separadores de carga en la cubeta de Faraday uno a la vez sin tocar la cubeta, y asegúrese que sean eléctricamente neutros. (No debería observarse ninguna modificación en la medida del sensor al acercarse, ingresar y retirar los separadores de la cubeta).

2.5.4 Separación de cargas debido a la fricción

Durante el resto de la practica, se recopilan datos de carga eléctrica en función del tiempo. Para la realización de sus análisis, tenga presente que se podrá identificar eventos en el gráfico (por ejemplo, cuando un objeto se inserta o se retira de la cubeta).

1. Configure la cubeta de Faraday y el sensor de carga como se muestra en la figura 2.9. Y coloque la manilla electrostática en la muñeca de su mano dominante, asegúrela muy bien.
2. Conecte un cable negro caimán-caimán entre la jaula y la cubeta de Faraday y descargue el sensor de carga presionando y manteniendo presionado el botón Reset en el sensor por algunos segundos.
3. Realice el procedimiento indicado en la sección 2.5.3.
4. Frote los separadores de carga blanco y gris juntos, luego sosténgalos por separado.
5. Inicie la recopilación de datos haciendo click en el botón que se observa en la figura ; prepárese para observar e identificar eventos.
6. Inserte el separador de carga blanco en el interior de la cubeta sin tocarla. Espere 4 o 5 segundos, luego retírelo. Espere un par de segundos, luego inserte el separador de carga gris en el interior de la cubeta y espere 4 ó 5 segundos. Retírelo y espere un par de segundos.
7. Finalmente, coloque ambos separadores de carga en el interior de la cubeta; tenga cuidado que los separadores de carga no toquen la cubeta ni se toquen entre sí. Espere 4 ó 5 segundos, luego quite ambos separadores y detenga la recopilación de datos.
8. Recuerde que todos los pasos anteriores debe realizarlos en un lapso de 60 segundos para que puedan quedar grabados en su gráfica de toma de datos.

2.5.5 Carga por contacto

En los procedimientos anteriores, se inserta y extrae un objeto cargado en el interior de la cubeta de Faraday.

1. Continúe usando la manilla electrostática como lo hizo en el procedimiento anterior.
2. Conecte un cable negro caimán-caimán entre la jaula y la cubeta de Faraday y descargue el sensor de carga presionando y manteniendo presionado el botón Reset en el sensor.
3. Realice el procedimiento indicado en la sección 2.5.3.
4. Frote los separadores de carga juntos, luego deje uno a un lado.
5. Inicie la recopilación de datos haciendo click en el botón que se observa en la figura ; prepárese para observar e identificar eventos.
6. Inserte el separador de carga de nylon en el interior de la cubeta de Faraday. Espere 4 o 5 segundos, luego retírelo. Espere un par de segundos.
7. Ahora frote ligeramente el separador de carga en la parte superior de la cubeta durante unos pocos segundos y retírelo. Como se observa en la figura 2.10.

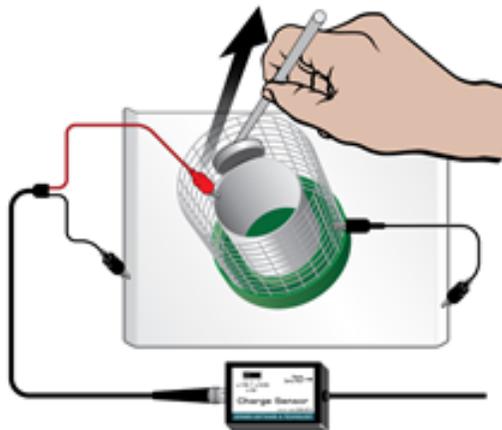


Figura 2.10: Carga por contacto

8. Espere unos segundos adicionales.
9. Tome el otro separador de carga (PVC) e ingréselo a la cubeta sin tocarla, espere unos 4 o 5 segundos.
10. Recuerde que todos los pasos anteriores debe realizarlos en un lapso de 60 segundos para que puedan quedar grabados en su gráfica de toma de datos.

2.5.6 Carga por inducción

Suponga que el cubo se conecta a tierra con un cable conductor cuando se acerca un cuerpo cargado. ¿Qué efecto tendría esto en la carga de la cubeta? En esta procedimiento, observará más de cerca el efecto de “conexión a tierra” en esta situación.

1. Continúe usando la manilla electrostática como lo hizo en el procedimiento anterior.
2. Conecte un cable negro caimán-caimán entre la jaula y la cubeta de Faraday y descargue el sensor de carga presionando y manteniendo presionado el botón Reset en el sensor.
3. Conecte un segundo cable caiman-caiman de conexión a tierra al plano de puesta a tierra, dejando el otro extremo desconectado. Este se usará más tarde para conectar a tierra la cubeta de Faraday.
4. Realice el procedimiento indicado en la sección 2.5.3.
5. Frote los separadores de carga juntos. Cuando recopile datos, utilice el mismo separador que utilizó en el procedimiento anterior (nylon) y deje el otro (PVC) a un lado.
6. Inicie la recopilación de datos haciendo click en el botón que se observa en la figura ; prepárese para observar e identificar eventos.
7. Inserte el separador de carga de nylon en en el interior de la cubeta de Faraday tenga cuidado de no tocarla. Espere 4 o 5 segundos, luego retírelo.
8. Espere un par de segundos más. Vuelva a insertar el separador de carga de nylon en la cubeta de Faraday. Espere unos segundos y luego conecte a tierra la cubeta de Faraday tocándolo

brevemente con el segundo cable de conexión a tierra. Espere 4 o 5 segundos, luego retire el separador de carga.

9. Espere un par de segundos y vuelva a colocar el separador de carga en el interior de la cubeta de Faraday. Espere 4 o 5 segundos, luego retire el separador de carga.
10. Recuerde que todos los pasos anteriores debe realizarlos en un lapso de 60 segundos para que puedan quedar grabados en su gráfica de toma de datos.

2.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

1. En la sección 2.5.2 se exploró la carga que se acumula en el cuerpo humano, pero no la carga que podría estar en el piso o la alfombra. Si pudiera medir la carga en el suelo, ¿qué esperarías observar?
2. En la sección 2.5.2 ¿Cuál es la diferencia mas relevante al realizar los procedimientos sugeridos, sin y con la manilla electrostática? Explique, ¿cuál es la función específica que realiza la manilla electrostática?
3. Explique desde la física el por qué en el procedimiento de la sección 2.5.3, el algodón húmedo se utiliza para descargar (conseguir la neutralidad electrostática) todos los elementos del experimento.
4. Analice el gráfico obtenido en la sección 2.5.4 para los eventos realizados con los separadores de carga y aborde lo siguiente:
 - ¿Qué signo/tipo de carga tiene cada separador de carga?, Si se repitiera el procedimiento de fricción una vez mas ¿Pueden cargarse cada uno ahora con signo/tipo de carga contrario al del primer procedimiento?
 - Compare, la magnitud de la carga al ingresar cada uno de los separadores.
 - De acuerdo a la magnitud y tipo de carga que mide en su gráfico de datos.¿Qué puede analizar de la transferencia de partículas cargadas entre los separadores de carga?
 - Se puede afirmar ¿qué existe evidencia experimental del principio de conservación de la carga?, explique detalladamente su respuesta.
 - ¿Que características puede observar en el gráfico cuando cada uno de los separadores de carga estaba inmerso en la cubeta por separado y cuando estaban inmersos juntos?
5. Analice el gráfico obtenido en la sección 2.5.5 para los eventos realizados con los separadores de carga y aborde lo siguiente:
 - Describa y explique la forma del gráfico para cada uno de los eventos realizados en la experiencia.
 - De acuerdo a la magnitud y tipo de carga que puede medir en su gráfico de datos. ¿Qué puede analizar de la transferencia de partículas cargadas entre el separador y la cubeta de Faraday?
 - ¿La carga en la cubeta volvió a cero al ingresar el otro separador de carga al final del experimento? Dé una explicación de por qué si o por qué no.
 - Se puede afirmar ¿qué existe evidencia experimental del principio de conservación de la carga?, explique detalladamente su respuesta.
6. Analice el gráfico obtenido en la sección 2.5.6 para los eventos realizados con los separadores

de carga y aborde lo siguiente:

- Describa y explique la forma del gráfico para cada uno de los eventos realizados en la experiencia.
- De acuerdo a la magnitud y tipo de carga que puede medir en su gráfico de datos. ¿Qué puede analizar para cada una de las regiones del gráfico en términos de la transferencia de partículas cargadas entre la cubeta, el plano de conexión a tierra y el papel del separador de carga?
- ¿La carga neta medida en la cubeta volvió a cero al final del experimento? ¿Por qué si o por qué no? Si queda cargada, ¿tenía la misma polaridad que el separador?
- ¿Cuál fue la carga medida (aproximada) en la cubeta al final?
- ¿Cuál es la relación aproximada de la carga antes de realizar la conexión a tierra en comparación con la carga después de realizar la conexión a tierra?. Si la razón es un número negativo, ¿de dónde vino la carga opuesta?.

2.7 Referencias

1. Course, B. P. (2019). *Electricidad y magnetismo Volumen 2* (2^a ed.). Reverte.
2. *Electrostatics Kit*. (2021, 22 junio). Vernier.
<https://www.vernier.com/product/electrostatics-kit/>
3. *Charge*. (s. f.). Laboratorio de Física Eléctrica. Recuperado 8 de julio de 2021, de
<http://physics.ham.miamioh.edu/LabPages/QuantitativeElectrostatics.htm>
4. Serway, R. (2018). *Física Para Ciencias e Ingeniería. Vol. 1* (10^a ed.). Cengage Learning.
5. Tipler, P. A. (2010). *Física. 6ed. Vol. 2*. Reverté.