

# UACM

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

*Nada humano me es ajeno*

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS  
ELECTRÓNICOS Y DE TELECOMUNICACIONES

**Manual de prácticas para la asignatura  
de Electricidad y Magnetismo**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS  
ELECTRÓNICOS Y DE TELECOMUNICACIONES**

PRESENTA:

**LIZBETH JOCELYNE MONTAÑO MARTÍNEZ**

DIRECTORA

**M. EN C. MAGALI CORTEZ VÁZQUEZ**

CODIRECTOR

**LIC. MARCO ANTONIO NOGUEZ CÓRDOBA**

Ciudad de México, mayo de 2021.

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

### DERECHOS RESERVADOS<sup>©</sup>

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

---

## PRESENTACIÓN

---

Este es un manual de prácticas de laboratorio que surge con el propósito de generar una herramienta de apoyo para la enseñanza de la asignatura de Electricidad y Magnetismo que forma parte del plan de estudios de diversas ingenierías de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México. A partir de la realización de diversas prácticas y del uso de aparatos de medición, el manual busca fomentar la participación de los estudiantes en la construcción de conocimientos significativos, que les permitan comprender el funcionamiento de diversos sistemas electrónicos, con el objeto de que los estudiantes logren un mayor desempeño en sus estudios de ingeniería en semestres avanzados.

La importancia de realizar un manual de prácticas para la asignatura de Electricidad y Magnetismo es enseñar el funcionamiento de algunos dispositivos electrónicos, el uso correcto de aparatos de medición para evitar daños en los equipos que se usan en asignaturas de ciclo superior. Lo anterior afecta al desarrollo de otras asignaturas, porque los equipos bajan su rendimiento con un mal uso y los estudiantes tienen menos equipos para realizar sus prácticas en el laboratorio.

Con el manual se contribuye con una herramienta para mejor el aprendizaje de los estudiantes con el fin de mejorar su rendimiento en semestres posteriores, específicamente en las carreras de ingeniería de la UACM.

---

## ÍNDICE

---

1. CARGA ELÉCTRICA.....	12
Práctica 1. Electrificación por fricción.....	14
Práctica 2. Electrificación por contacto .....	19
Experimento 2.1 .....	20
Práctica 3. Electrificación por inducción.....	22
Práctica 4. Electroscopio.....	27
2. CAMPO ELÉCTRICO .....	32
Práctica 5. Comportamiento de campo eléctrico en cargas eléctricas .....	35
Simulación 5.1: Líneas de campo eléctrico en una sola carga eléctrica.....	36
Preguntas de la Simulación 5.1: Líneas de campo eléctrico en una sola carga eléctrica .....	37
Simulación 5.2: Líneas de campo eléctrico con dos cargas eléctricas .....	38
A. Ejercicio 1.....	41
3. CAPACITOR.....	44
Práctica 6. Construcción de un capacitor.....	49
Práctica 7. Funcionamiento de un condensador .....	55
4. RESISTENCIA, VOLTAJE Y CORRIENTE.....	74
Práctica 8. Medir resistencia .....	76
Practica 9. Medición de voltaje y corriente.....	85
Práctica 10. Circuito básico.....	94
Práctica 11. Reflexiones sobre los circuitos eléctricos.....	97

5. EL MAGNETISMO, LAS FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO, LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA .....	101
Práctica 12. Polos electromagnéticos .....	107
Práctica 13. Campo magnético producido por una corriente eléctrica .....	112
Práctica 14. Intensidad de un campo magnético originado por un electroimán ..	115
Práctica 15. Inducción electromagnética.....	118
6. COMPORTAMIENTO DE UN CIRCUITO RC CON CORRIENTE DIRECTA ...	122
Práctica 16 Circuitos RC .....	127
7. FILTROS RC PASIVOS DE PRIMER ORDEN, PASO ALTAS Y PASO BAJAS	132
Proyecto final. Señal analógica de voz en un filtro pasa altas y pasa bajas .....	136
8. ANEXOS.....	143
Anexo 1. Tabla triboeléctrica.....	143
Anexo 2. Uso básico del multímetro digital .....	144
Anexo 3 Símbolos eléctricos.....	151
Anexo 4 Funcionamiento del protoboard .....	153
Anexo 5 Resistores .....	155
Anexo 6. Medir voltaje en paralelo y corriente en serie con el multímetro .....	156
Anexo 7 Funciones importantes del osciloscopio.....	159
Bibliografía .....	161

---

## ÍNDICE DE IMÁGENES

---

Figura 1 Las cargas eléctricas .....	12
Figura 2. Fotocopiadora electrostática .....	13
Figura 3. Globo de plástico y globo metalizado.....	15
Figura 4. Globos plásticos frotados con algodón. ....	17
Figura 5. Se frota la barra de plexiglás en la piel de conejo. ....	20
Figura 6. Globo y lata sobre la mesa. ....	23
Figura 7. Globo y confeti .....	25
Figura 8. Construcción del electroscopio. ....	28
Figura 9. Electroscopio con el globo. ....	29
Figura 10. Campo eléctrico .....	32
Figura 11. Generador Van de Graaff .....	33
Figura 12. Elementos y herramientas para simular en Phet .....	34
Figura 13. Líneas de campo eléctrico en una carga positiva .....	36
Figura 14. Líneas de campo eléctrico en una carga negativa .....	36
Figura 15. Campo eléctrico en dos cargas positivas .....	38
Figura 16. Campo eléctrico en dos cargas negativas . ....	38
Figura 17. Campo eléctrico en cargas de diferente signo . ....	39
Figura 18. Dirección de Campo eléctrico y Fuerza eléctrica en una carga puntual positiva . ....	41
Figura 19. Dirección de Campo eléctrico y Fuerza eléctrica en una carga puntual negativa .....	42

Figura 20. Cámara fotográfica con capacitor .....	44
Figura 21. Condensador de placas paralelas con dieléctrico conectado a una pila.....	45
Figura 22. Capacitancia de los condensadores cilíndrico y cerámico .....	48
Figura 23. Construcción de un capacitor, primera parte .....	50
Figura 24. Prueba de continuidad y corto circuito en el capacitor .....	52
Figura 25. Construcción del capacitor, segunda parte .....	53
Figura 26. Medición de capacitancia y voltaje de un capacitor .....	57
Figura 27. Circuito en paralelo con capacitor construido .....	59
Figura 28. Circuito en paralelo con capacitor electrolítico. ....	60
Figura 29. Circuito en serie con el capacitor construido .....	62
Figura 30. Circuito en paralelo con capacitor electrolítico. ....	63
Figura 31. Medición de capacitancia con dos capacitores en serie .....	65
Figura 32. Medición de voltaje con dos capacitores en serie.....	66
Figura 33. Medición de capacitancia en condensadores en paralelo. ....	68
Figura 34. Medición de voltaje en condensadores en paralelo.....	69
Figura 35. Ley de Ohm .....	74
Figura 36. Ejemplo de un resistor con 4 y 5 bandas de color. ....	77
Figura 37. Ejemplos de medición de resistencia.....	80
Figura 38. Circuitos en serie, paralelo y mixto sin resultados .....	83
Figura 39. Circuitos en serie, paralelo y mixto .....	84
Figura 40. Medición de voltaje en un circuito con resistores conectados en paralelo ..	86
Figura 41. Medición de voltaje en un circuito con resistores conectados en serie.....	87
Figura 42. Medición de corriente en un circuito con resistores en paralelo .....	88

Figura 43. Medición de corriente en un circuito con resistores en serie .....	89
Figura 44. Medición de voltaje en un circuito en paralelo.....	90
Figura 45. Medición de corriente en un circuito en paralelo.....	91
Figura 46. Medición de voltaje en un circuito en serie .....	92
Figura 47. Medición de corriente en serie en un circuito en serie .....	93
Figura 48. Cuatro conexiones de un circuito básico en el simulador Phet.....	95
Figura 49. Cuatro conexiones de un circuito básico físicamente.....	96
Figura 50. Conexiones de circuitos básicos .....	98
Figura 51. Campo magnético de la tierra.....	101
Figura 52. Aplicación del campo magnético, equipo de resonancia magnética.....	102
Figura 53. Experimento de Oersted.....	103
Figura 54. Regla de la mano derecha .....	104
Figura 55. Electroimán.....	105
Figura 56. Simulación en Phet de inducción electromagnética .....	106
Figura 57. Atracción o repulsión de polos magnéticos.....	108
Figura 58. Crear las líneas de campo magnético por medio de brújulas. ....	110
Figura 59. Campo magnético producido por una corriente eléctrica .....	113
Figura 60. Creación de un electroimán .....	116
Figura 61. Inducción electromagnética .....	119
Figura 62. Ecualizador.....	122
Figura 63. Capacitor en estado de equilibrio .....	123
Figura 64. Circuito en estado de transición.....	124
Figura 65. Circuito en estado natural. ....	125

Figura 66. Valores de un circuito RC. ....	126
Figura 67. Identificar el estado del circuito RC.....	128
Figura 68. Identificar el estado del circuito RC.....	129
Figura 69. Identificar el estado del circuito RC.....	129
Figura 70. Ecualizador .....	132
Figura 71. Circuito RC filtro pasa bajas pasivo.....	133
Figura 72. Circuito RC de un filtro pasa altas pasivo.....	134
Figura 73. Filtro paso bajas con señal de audio.....	140
Figura 74. Filtro pasa altas con señal de audio.....	142
Figura 75. Tabla triboeléctrica .....	143
Figura 76. El multímetro .....	144
Figura 77. Medición de continuidad y el corto circuito.....	145
Figura 78. Medición de capacitancia .....	146
Figura 79. Medición de resistencia .....	147
Figura 80. Medición de corriente.....	148
Figura 81. Medición de voltaje en el multímetro.....	149
Figura 82. Símbolos eléctricos .....	151
Figura 83. Protoboard .....	153
Figura 84. Conexión positiva y negativa en el protoboard.....	153
Figura 85. Conexión de 5 nodos vertical .....	154
Figura 86. Ejemplo de conexión en serie .....	154
Figura 87. Ejemplo de conexión en serie .....	155
Figura 88. Ttabla de valores de las resistencias comerciales.....	155

Figura 89. Tabla de valores comerciales de resistores .....	156
Figura 90. Medición de voltaje en paralelo en un circuito en serie y en paralelo.....	157
Figura 91. Medición de voltaje en paralelo en un circuito en serie y en paralelo.....	158
Figura 92. Botones de control del osciloscopio marca Tektronix. ....	159

---

## MAPA DE RUTA DE CADA UNIDAD

---

Este manual busca ser una herramienta para los profesores en la enseñanza de algún concepto en particular o emplearse en la mayor parte de los temas del curso, dado que cada práctica es independiente. Por otro lado, los estudiantes pueden realizar las prácticas propuestas de manera autónoma, ya que los experimentos se explican de modo que cualquier persona pueda replicarlos. Además, contiene una explicación clara del uso de aparatos de medición como el multímetro y el osciloscopio, que son aparatos que se usan frecuentemente en el ciclo superior de la licenciatura.

Las prácticas del manual contienen una breve información conceptual de repaso para el estudiante. Sin embargo, se recomienda al profesor en curso realizar las prácticas del manual después de tener la clase teórica del mismo tema de la práctica, para que el estudiante tenga el tema presente en su estructura cognitiva.

Así mismo se utilizan simulaciones, actividades con diversos materiales y aparatos electrónicos que ayudan a los estudiantes en sus actividades para que sean más dinámicas y divertidas.

**En el tema 1. Carga eléctrica,** se trabaja con diferentes materiales para realizar 3 diferentes formas de cargar un objeto. Así mismo, para identificar con qué tipo de carga eléctrica se queda cada uno de los materiales. Por ello, se recomienda que los estudiantes lean las instrucciones para que obtengan resultados correctos.

**En el tema 2. Campo eléctrico,** se trabaja con simulaciones con la ayuda de un software de uso libre llamado Phet. Por lo tanto, los estudiantes deben entender el uso del simulador revisando las instrucciones para realizar las actividades.

**En el tema 3. Capacitor,** se construye un capacitor que ayude a analizar las diferentes características de las que depende su capacitancia. Además, se le realizan diversas mediciones al condensador con el multímetro y se conecta a un circuito eléctrico para

analizar su funcionamiento. Por ello, se recomienda a los estudiantes realizar la actividad previa para que entiendan el uso del multímetro y saber las precauciones que se deben tener con un condensador.

**En el tema 4. Resistencia, voltaje y corriente,** se realizan mediciones de resistencia y se conectan en serie y paralelo. Además, se les pide medir voltaje y corriente con el multímetro. Por ello es necesario que revisen su trabajo previo para entender cómo utilizar el multímetro y no dañarlo.

**En el tema 5. Magnetismo,** se trabaja en el campo magnético con imanes, campo magnético producido por una corriente eléctrica y en un electroimán. Por lo anterior, se tienen que leer las instrucciones antes de realizar los experimentos, porque se utilizan pilas que se sobrecalientan y se debe tener cuidado.

**En el tema 6. Circuitos RC,** se trabaja con los tres estados de un circuito RC y se explica cómo funciona cada uno. Por ello se recomienda analizar cada uno de los estados antes de realizar las actividades.

**En el tema final.** Filtros pasivos de primer orden, se trabaja con el circuito RC para realizar una señal analógica de voz en un filtro de primer orden paso altas y paso bajas. Por ello para realizar la actividad final es necesario tener conocimiento del tema 3, 4 y 6.

Por último, queremos mencionar que en todos los temas se ha trabajado con un aprendizaje significativo, es decir un aprendizaje moderno que sea capaz de ayudar a los estudiantes a realizar las prácticas de una manera más divertida y motivante para aprender física.

---

# 1. CARGA ELÉCTRICA

---

La electrostática es la rama de la física que estudia las cargas en reposo, la atracción y repulsión que existen entre ellas. Las cargas eléctricas no se crean ni se destruyen solo se conservan en los materiales.

Las cargas eléctricas son positivas y negativas cuando dos cargas tienen los mismos signos se rechazan y si tienen signos contrarios se atraen. Los materiales se pueden cargar positivamente o negativamente dependiendo de la naturaleza de cada material, se puede identificar si el material es altamente positivo o altamente negativo por medio de la tabla triboeléctrica o de un electroscopio [1] [2].

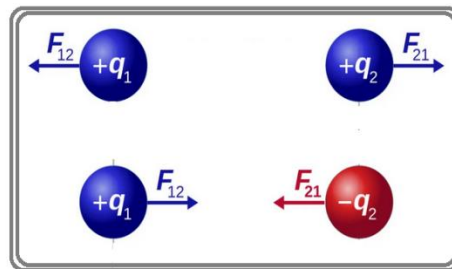


Figura 1 Las cargas eléctricas [3].

La ley de Coulomb se expresa como: La magnitud de la fuerza de atracción o de repulsión entre dos cargas es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas [4].

$$F = Ke \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \text{ [N]} \quad (\text{ec.1})$$

Una de las aplicaciones de las cargas eléctricas en la vida cotidiana son las fotocopiadoras electrostáticas que funcionan de la siguiente manera:

- En el vidrio de la impresora se coloca el documento original que se va a fotocopiar.
- Una potente luz ilumina el documento original en la fotocopiadora, esta luz se refleja en los espacios en blanco del documento original y es absorbida por los espacios en negro, es decir las letras e imágenes. Un espejo refleja la luz a un tambor foto-receptor que queda cargado de energía electrostática positiva en los espacios de las letras e imágenes, figuras 2.a y 2.b.
- El tambor es bañado con un fino polvo (tónér) que tiene carga negativa y es adherido a las partes que tienen energía electrostática positiva en el tambor, figura 2.c.
- Una hoja de papel nueva se carga con energía electrostática y también pasa por el tambor atrayendo el tónér que ya tenía la forma del texto original, después se somete a calor y presión para que se fusione el tónér a la hoja, figura 2.d.

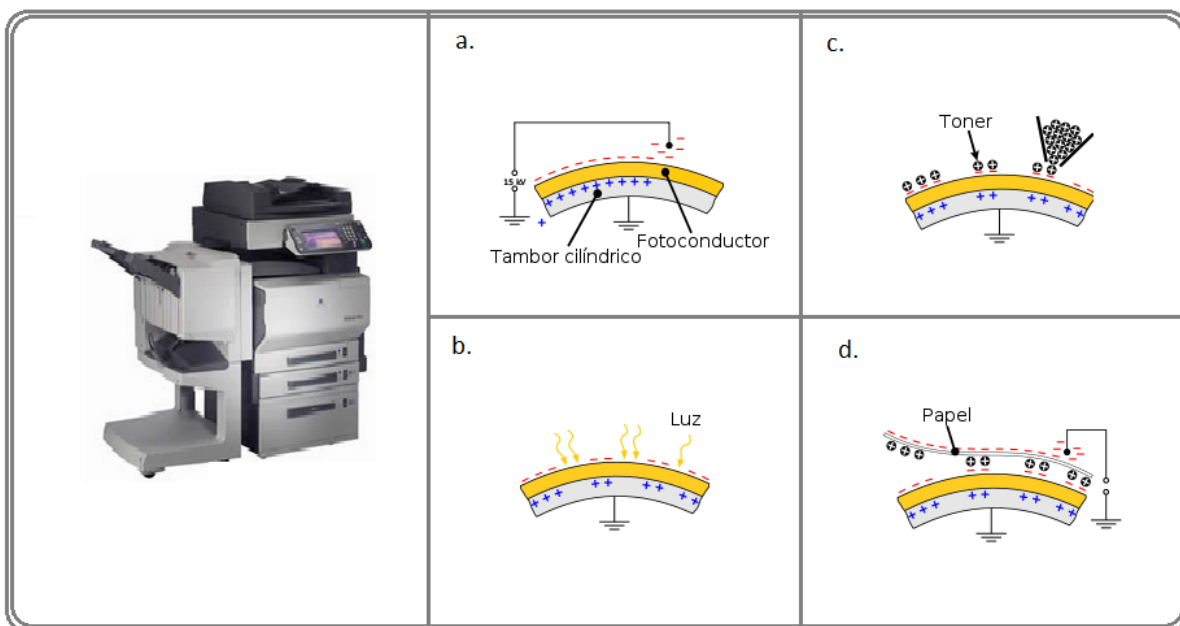


Figura 2. Fotocopiadora electrostática [61] [62].

## **Práctica 1. Electrificación por fricción**

El propósito de la siguiente práctica es que el estudiante conozca el método de electrostática por fricción, cuando dos objetos neutros se rozan entre sí.

### **Objetivo general**

Demostrar la electrificación por fricción de objetos de diferentes materiales.

### **Objetivos particulares**

- I. Probar de manera práctica la carga de dos objetos por fricción.
- II. Analizar teóricamente los resultados obtenidos.

### **Trabajo previo**

1. Revisar la tabla triboeléctrica del anexo 1.
2. Conoce y aprende cómo actúan las cargas eléctricas usando la simulación de la siguiente página electrónica [5].
3. En la simulación la opción “Mostrar todas las cargas” y frota un sólo globo con el suéter, para ello usa el mouse. Observa lo que ocurre con las cargas. Después, usa los dos globos y frota cada uno de ellos con el suéter. Observa la carga que adquiere cada globo.

[https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity_es.html)

### **Equipo**

- Soporte universal (solicitar en el laboratorio de física)

### **Materiales**

- 2 globos de plástico de preferencia pequeños y un globo metalizado pequeño.
- 1 m de hilo resistente.
- 1 trozo de algodón o piel de conejo, lana, seda o cabello.

### Experimento 1.1

- a. Infla un globo de plástico de preferencia pequeño a su máxima capacidad y un globo pequeño de material metálico a su máxima capacidad.
- b. Enreda el hilo a cada globo y cuélgalos en el soporte universal.
- c. Los globos deben quedar colgados con hilo.
- d. El globo de plástico debe estar separado del soporte universal por 10 cm para evitar atracción.
- e. **Frota todo el globo de plástico** con el trozo de algodón por medio minuto.
- f. **Frota todo el globo metalizado** con la piel de conejo por medio minuto (**figura 3**).
- g. Acerca los dos globos después de frotarlos y anota a que distancia los dos globos tuvieron la reacción.
- h. Contesta las preguntas que se encuentran al final de los experimentos con la ayuda de la tabla triboeléctrica.

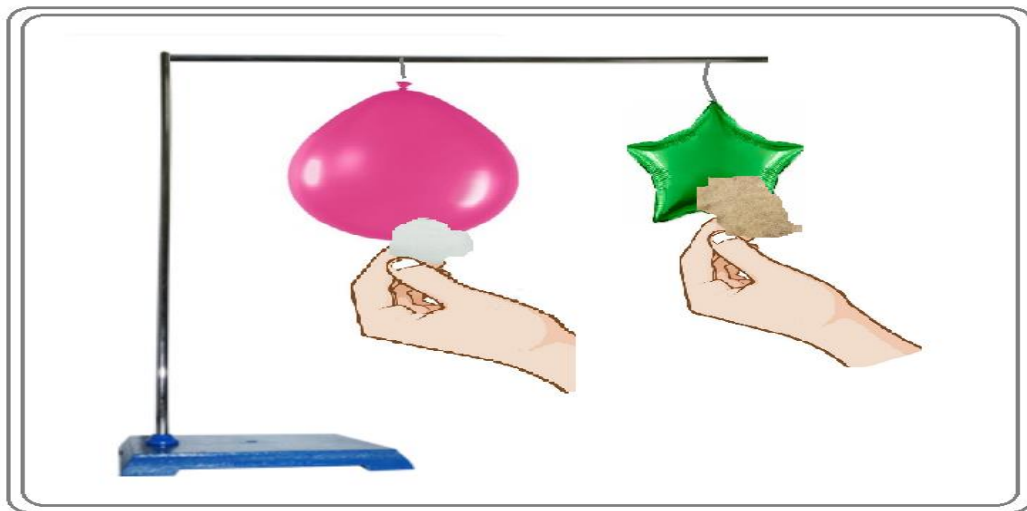


Figura 3. Globo de plástico y globo metalizado (Imagen propia con base en [6] [7])

## Preguntas del experimento 1.1

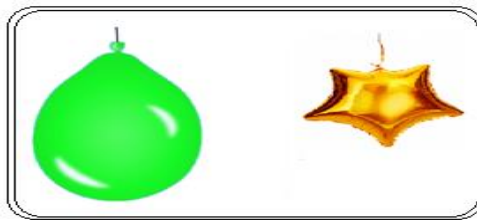
1. Dibuja qué comportamiento tienen los globos de plástico y el metálico después de que se terminaron de frotar con el algodón y la piel de conejo.



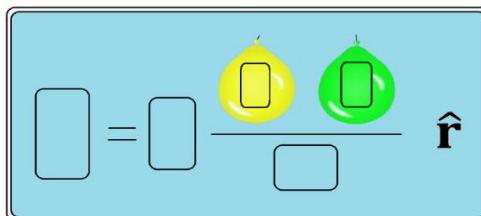
2. Revisa la tabla triboeléctrica e indica con qué carga eléctrica se quedan los siguientes materiales después de haberlos frotado.

- El globo de plástico:
- El globo metálico:
- La piel de conejo:

3. Dibuja sobre la siguiente imagen las cargas eléctricas después de haber frotado los dos globos.



4. Escribe sobre la imagen la fórmula que describe las fuerzas de atracción y repulsión de los globos al realizar el experimento 1.



## Experimento 1.2

- a. Infla los dos globos pequeños de plástico a su máxima capacidad.
- b. Enreda hilo a cada globo y cuélgalos del soporte universal.
- c. Separa el globo que se encuentra cerca del soporte universal 10 cm.
- d. **Frota toda la superficie** de ambos globos con el trozo de algodón por medio minuto cada uno (**figura 4**).
- e. Acerca lentamente los dos globos e indica la distancia en la que se rechazan o se atraen y observa.

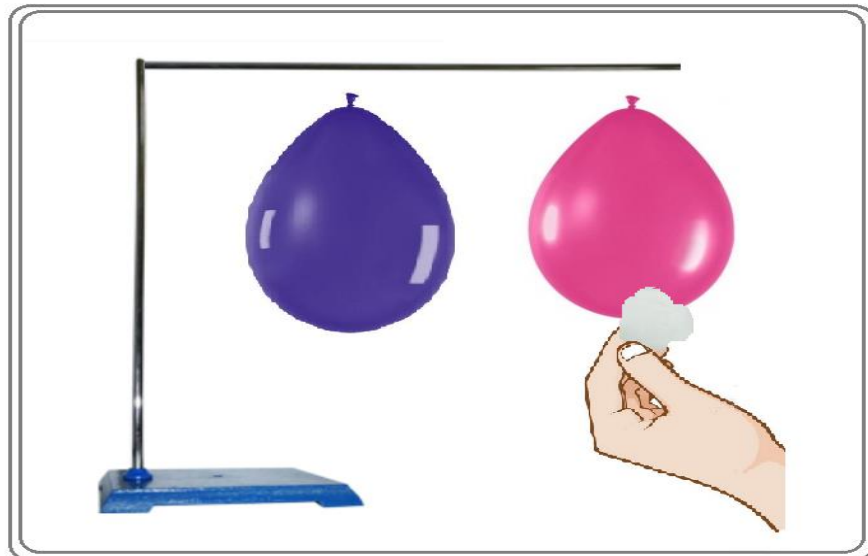


Figura 4. Globos plásticos frotados con algodón (Imagen propia con base en [6] [7]).

## Preguntas del experimento 1.2

1. Indica el comportamiento de los dos globos de plástico después de haberlos frotado.
2. Revisa la tabla triboeléctrica e indica con qué carga eléctrica se cargaron los siguientes materiales después de haberlos frotado.
  - Globo de plástico 1:
  - Globo de plástico 2:
  - Algodón:
3. ¿Qué tipo de electrificación realizaste en el experimento 1.2?
4. Dibuja el movimiento de las cargas eléctricas alrededor de los globos antes y después de haberlos frotado.



5. Explica cómo actúan las cargas eléctricas en el ejemplo siguiente. Usa la tabla triboeléctrica para dar tu explicación: Un hombre trae puestos unos tenis con suela de corcho, camina sobre la alfombra haciendo fricción con sus tenis, después toca la perilla de la puerta con su mano y siente una descarga eléctrica.

## **Práctica 2. Electrificación por contacto**

El propósito es que el estudiante conozca el método de electrostática por contacto y que comprenda cómo se carga eléctricamente los materiales.

### **Objetivo general**

Demostrar la electrificación por contacto y la forma en que se carga un objeto por este método.

### **Objetivos particulares**

- I. Demostrar la manera en que se electrifica un objeto por contacto.
- II. Analizar teóricamente los resultados obtenidos.

### **Trabajo previo**

1. Revisar la tabla triboeléctrica en el **anexo 1** antes de realizar la práctica.

### **Equipo**

- Soporte universal (solicitar en el laboratorio de física).
- Varilla de plexiglás (solicitar en el laboratorio de física).

### **Materiales**

- Un globo metálico pequeño con figura indistinta.
- Un trozo de piel de conejo, lana, seda o cabello.

## Experimento 2.1

- a. Infla el globo metálico pequeño a su máxima capacidad y cuélgalo de un hilo en el soporte universal.
- b. Con el trozo de piel frota un extremo de la barra de plexiglás por medio minuto.
- c. Toca únicamente el mismo extremo de la barra de plexiglás en un punto del globo.
- d. Nuevamente repite los pasos b y c, por 4 veces. Es importante que siempre toques el mismo punto del globo (marca el punto del globo). Observa lo que sucede cada vez que la barra de plexiglás toque al globo (Figura 5).

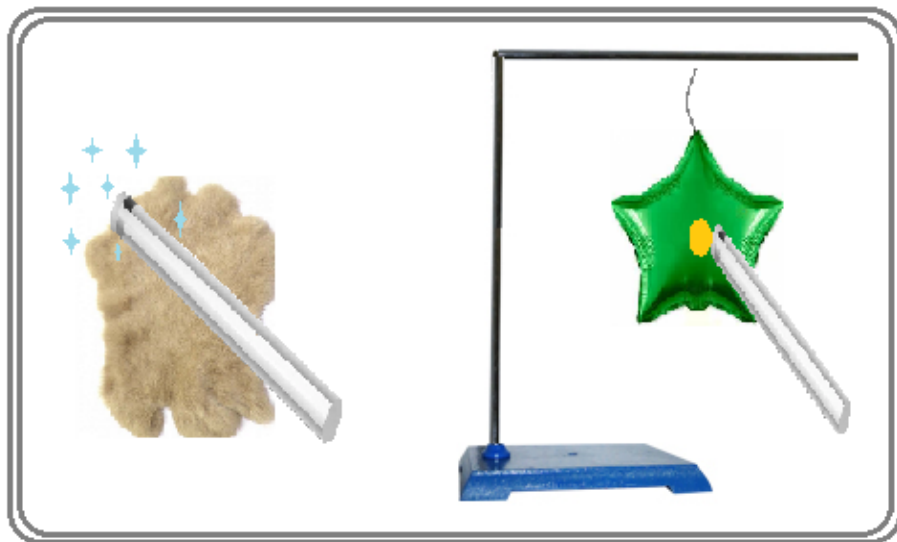


Figura 5. Se frota la barra de plexiglás en la piel de conejo (Imagen propia con base en [6] [7]).

## Preguntas del experimento 2.1

1. Indica qué observaste cuando frotaste y la barra de plexiglás tocó el globo metálico en el mismo punto las 4 veces.
  - 1ra:
  - 2da:
  - 3ra:
  - 4ta:
2. ¿Qué tipo de electrificación realizaste en este experimento?
3. ¿Cómo se distribuye la carga eléctrica en un material que es mal conductor, en este caso el globo metálico?
4. Dibuja con qué carga eléctrica se cargaron la barra de plexiglás y el globo metálico la primera y segunda vez que se frotaron.
5. Explica qué sucede con el fenómeno de carga eléctrica en el siguiente ejemplo:  
Dos personas que están sentadas dentro de un automóvil, hacen fricción en el asiento y quedan cargadas eléctricamente por el roce, juntan sus manos para despedirse y sienten una descarga eléctrica.

### **Práctica 3. Electrificación por inducción**

El propósito es que el estudiante conozca el método de electrostática por inducción, así mismo comprender cómo se polariza un material que está neutro de cargas eléctricas cuando le acercan un material cargado eléctricamente.

#### **Objetivo general**

Demostrar la electrificación por inducción y la forma en que se carga un objeto por este método.

#### **Objetivos particulares**

- I. Demostrar de manera práctica la electrificación de un objeto por inducción con diferentes materiales.

#### **Trabajo previo**

#### **Contesta las siguientes preguntas**

1. ¿Qué es la inducción y la polarización de la materia?
2. Conoce y aprende cómo actúan las cargas eléctricas usando la simulación de la siguiente página electrónica [6]. En la simulación selecciona la opción “Mostrar todas las cargas” y frota un sólo globo con el suéter, para ello usa el mouse, después coloca el globo en la pared. Observa que ocurre con las cargas en el globo y la pared.

[https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity_es.html)

#### **Materiales**

- 1 globo.
  - 1 lata de aluminio.
  - Confeti o papel en trozos pequeños.
- a. Infla un globo al máximo y frótalo por medio minuto en tu cabello.

### Experimento 3.1

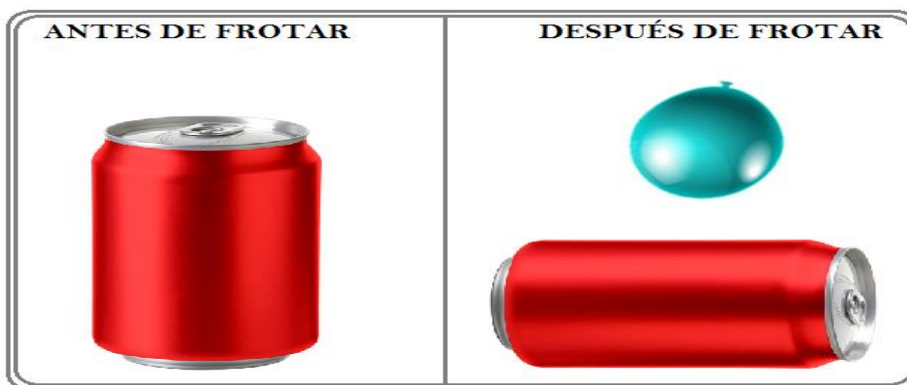
- b. Coloca la lata horizontalmente sobre la mesa del laboratorio (figura 6).
- c. Acerca el globo hacia la lata sin tocarla y observa.
- d. Contesta las preguntas con ayuda de la tabla triboeléctrica.



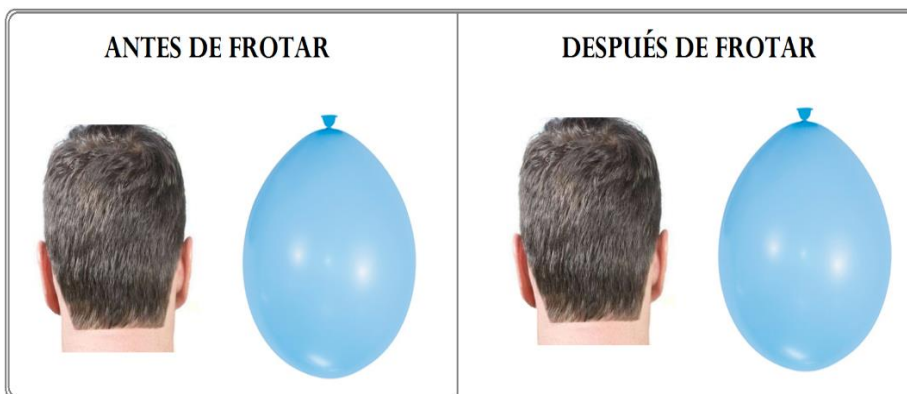
Figura 6. Globo y lata sobre la mesa (Imagen propia con base en [6] [8]).

### Preguntas del experimento 3.1

1. Indica tus observaciones cuando el globo se acercó a la lata.
2. Dibuja las cargas eléctricas de la lata de aluminio antes y después de acercar el globo.



3. Dibuja las cargas eléctricas del globo de plástico y del cabello antes y después de ser frotado.



### Experimento 3.2

- a. Dispersa el confeti sobre la mesa del laboratorio.
- b. Infla un globo a su máximo y frótalo en su cabello por dos minutos (figura 7).
- c. Acerca el globo al confeti sin tocarlo y observa.
- d. Contesta las preguntas que se encuentran al final de este experimento.

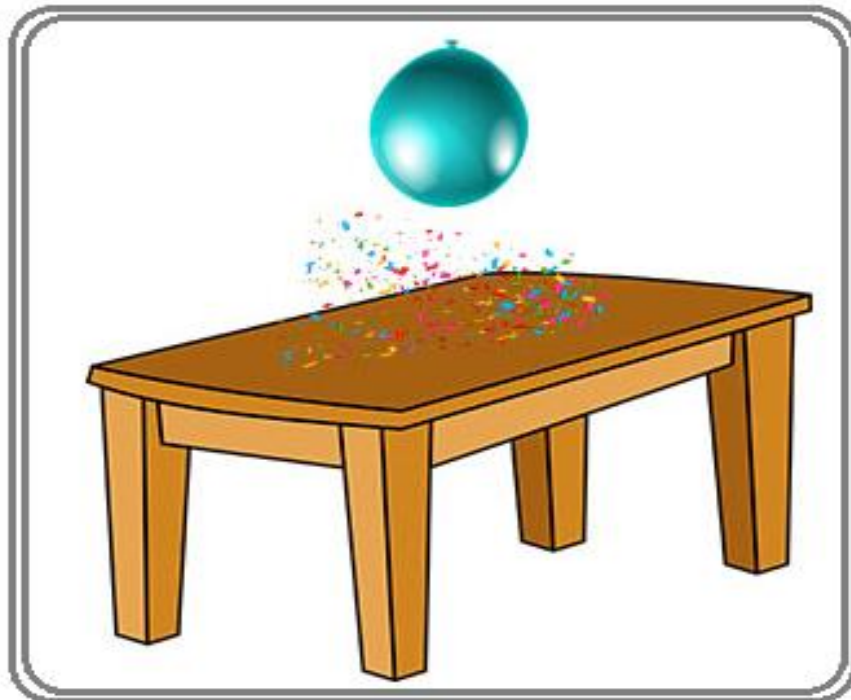


Figura 7. Globo y confeti (Imagen propia con base en [6] [9]).

### **Preguntas del experimento 3.2**

1. Indica tus observaciones al acercar el globo a la mesa con confeti.
2. ¿Cómo actúan las cargas eléctricas en el confeti y el globo de plástico, antes y después de haberlo frotado en tu cabello?
3. ¿Qué tipo de electrificación realizaste en el experimento 3.2?
4. ¿Qué sucede en un material aislante neutro cuando le acercas un objeto cargado?
5. Explica qué cargas eléctricas tienen las nubes y la tierra para que provoquen un relámpago en un día lluvioso y el tipo de electrificación que producen.

## **Práctica 4. Electroscopio**

El propósito es que el estudiante conozca el funcionamiento de un electroscopio básico e identifique cómo actúan las cargas eléctricas en el electroscopio cuando le acercan un material cargado eléctricamente.

**Objetivo general:** Mostrar qué materiales están cargados eléctricamente usando un electroscopio.

### **Objetivos particulares**

- I. Demostrar con un experimento la detección de la carga eléctrica de objetos cargados eléctricamente.
- II. Analizar teóricamente lo sucedido con el experimento.

### **Trabajo previo**

1. Construir un electroscopio siguiendo las indicaciones de “elaboración de un electroscopio”.
2. ¿Cuál es el funcionamiento del electroscopio?

### **Materiales**

- 1 frasco de vidrio o de plástico con su tapa
- Silicón y pistola de silicón
- 2 láminas de aluminio pequeñas 3x1 cm
- Un alambre de cobre o de metal, el largo depende del frasco
- 1 globo

## Elaboración de un electroscopio

- Corta en un aluminio dos pequeños rectángulos del mismo tamaño de 3x1 cm y en la parte posterior de las laminillas realiza un pequeño orificio en la parte superior para que cuelguen en el alambre (figura 8).
- Realiza un orificio en la mitad de la tapa del frasco e introduce el alambre dejándolo un poco más arriba de la mitad del frasco y aplica silicón caliente alrededor del alambre. **Nota: recuerda colocar silicón entre el alambre y la tapa del envase, porque si la tapa es de aluminio las cargas eléctricas se van a la tapa.**
- En la parte superior del alambre dobla en forma de espiral.
- En la parte final del alambre realiza un dobléz de 1/2 cm hacia arriba, de manera que las 2 pequeñas láminas no se caigan (Figura 8).

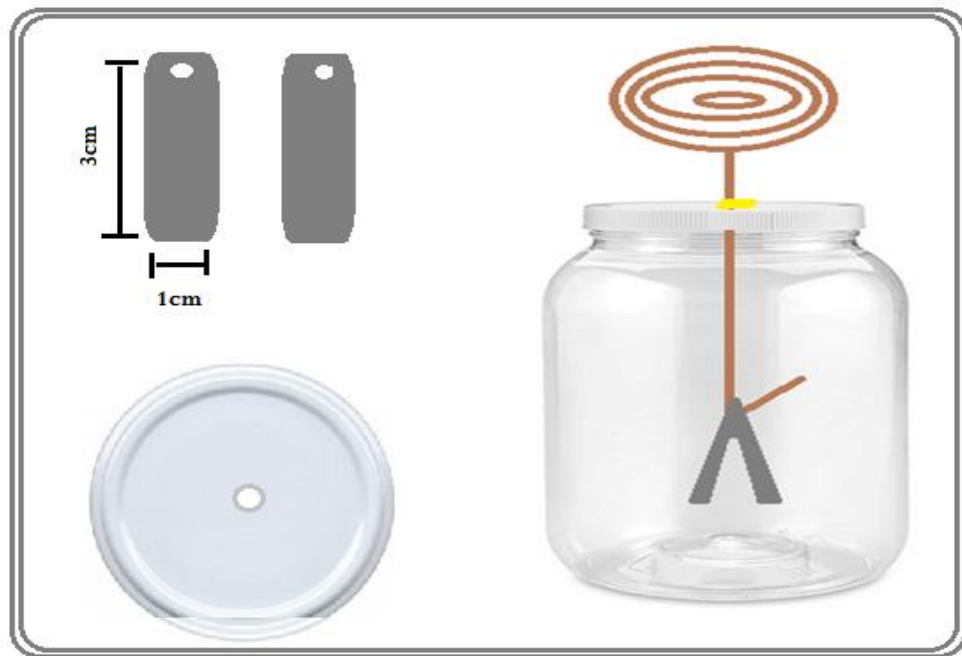


Figura 8. Construcción del electroscopio (Imagen propia con base en [10]).

### Experimento 4.1

- a. Frota el globo en tu cabello por medio minuto y acércalo al electroscopio sin tocarlo (Figura 9).
- b. Frota el globo en tu cabello por medio minuto, acércalo al electroscopio sin tocarlo y con el dedo índice toca el espiral en la parte superior del electroscopio (Figura 9).

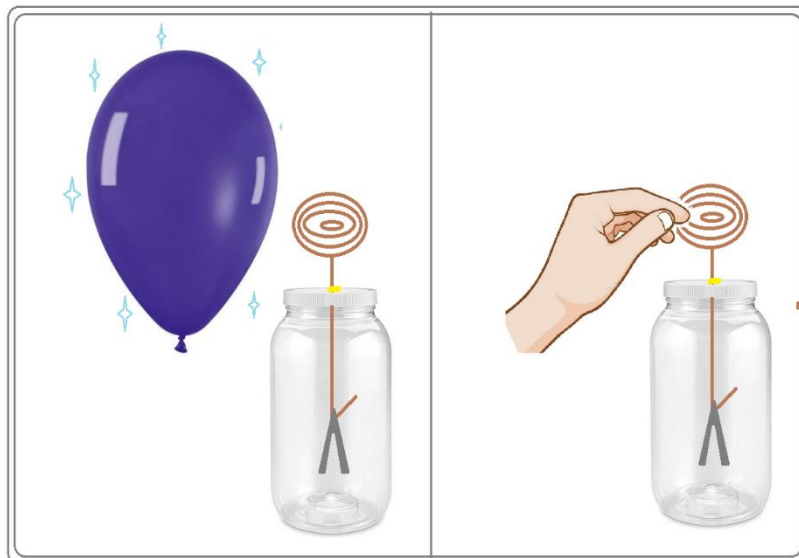
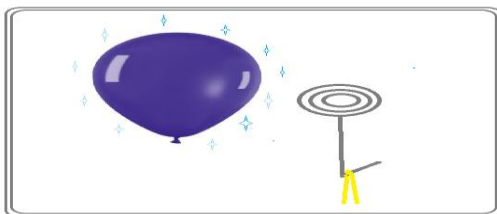


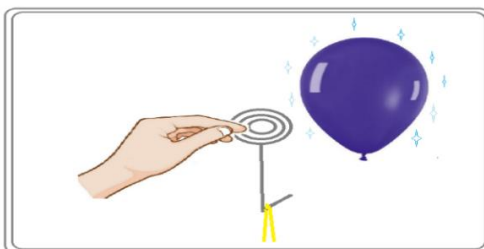
Figura 9. Electroscopio con el globo (Imagen propia con base en [6] [10]).

### Preguntas del experimento 4.1

1. Indica tus observaciones de las laminillas del electroscopio cuando acercaste el globo después de haberlo frotado con el cabello.
2. ¿Qué sucedió con las laminillas del electroscopio cuando acercaste el globo y tocaste con tu dedo el espiral?
3. Dibuja en la imagen siguiente cómo actuaron las cargas eléctricas en el electroscopio cuando acercaste el globo.



4. Dibuja cómo actuaron las cargas eléctricas en el electroscopio cuando acercaste el globo y después lo tocaste con el dedo.



5. ¿Con qué método de electrificación se carga el electroscopio?



---

## 2. CAMPO ELÉCTRICO

---

El campo eléctrico es el espacio que rodea a toda carga eléctrica todo el tiempo, independiente de que existan cargas cercanas o no, tiene dirección y magnitud. Se representa por medio de líneas de campo eléctrico y superficies equipotenciales. Permite saber la fuerza eléctrica ejercida sobre una carga de prueba, desconociendo la carga fuente que la ejerce [11] [12].

El campo eléctrico en la vida real se produce alrededor del cable de cualquier aparato electrodoméstico apagado, pero que está conectado al voltaje [13].

Una de las aplicaciones del campo eléctrico son los lentes de contacto de un material blando, al que se le aplican las fuerzas eléctricas del mismo signo, las cuales atraen a las moléculas de proteína de las lágrimas humanas, después éstas son absorbidas por el plástico y el ojo de la persona no percibe la lentilla como un objeto extraño [14].

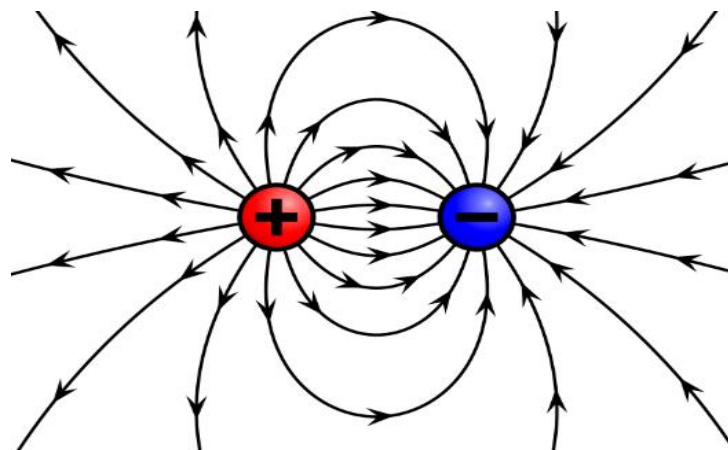


Figura 10. Campo eléctrico [15].

## El generador Van de Graaff

Es una esfera metálica hueca que se encuentra encima de una base cilíndrica aislante, en la parte inferior del cilindro se encuentra un motor que impulsa una cinta de caucho que roza un peine metálico, que genera un elevado voltaje y repulsión entre las cargas. Las cargas negativas quedan en la parte inferior de la cinta y las cargas positivas se trasladan por la parte exterior hasta llegar a la superficie de la esfera hueca, este proceso genera un potencial elevado y es más alto si se aumenta el diámetro de la esfera [12]. En el generador Van de Graaff se crea fuerza de campo eléctrico en la esfera metálica hueca. Se puede demostrar que el campo en el exterior de la esfera conductora cargada con carga  $Q$ , tiene la misma expresión que el campo producido por una carga puntual  $Q$  situada en su centro.

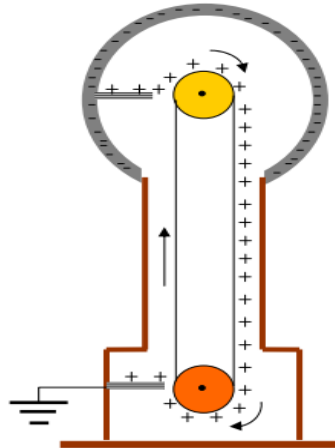


Figura 11. Generador Van de Graaff [59]

El vector de campo eléctrico  $\vec{E}$  en un punto en el espacio está definido como la fuerza eléctrica  $\vec{F}$  que actúa sobre una carga de prueba positiva colocada en un punto y dividida por la magnitud de la carga de prueba  $q_0$  [11].

$$|\hat{E}| = \frac{F}{q_0} ; \left[ \frac{N}{C} \right] \quad (\text{ec. 2})$$

## Instrucciones generales para las prácticas de campo eléctrico con el simulador Phet.

- Las prácticas se desarrollan en las computadoras del laboratorio, en casa o en clase con su propio equipo de cómputo.
- Se ingresa a la siguiente página web para realizar las simulaciones que se indican más adelante: [https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_es.html)

Para entender el manejo del simulador se muestra la descripción de cada elemento y las herramientas que se encuentran en la interfaz gráfica del simulador Phet.

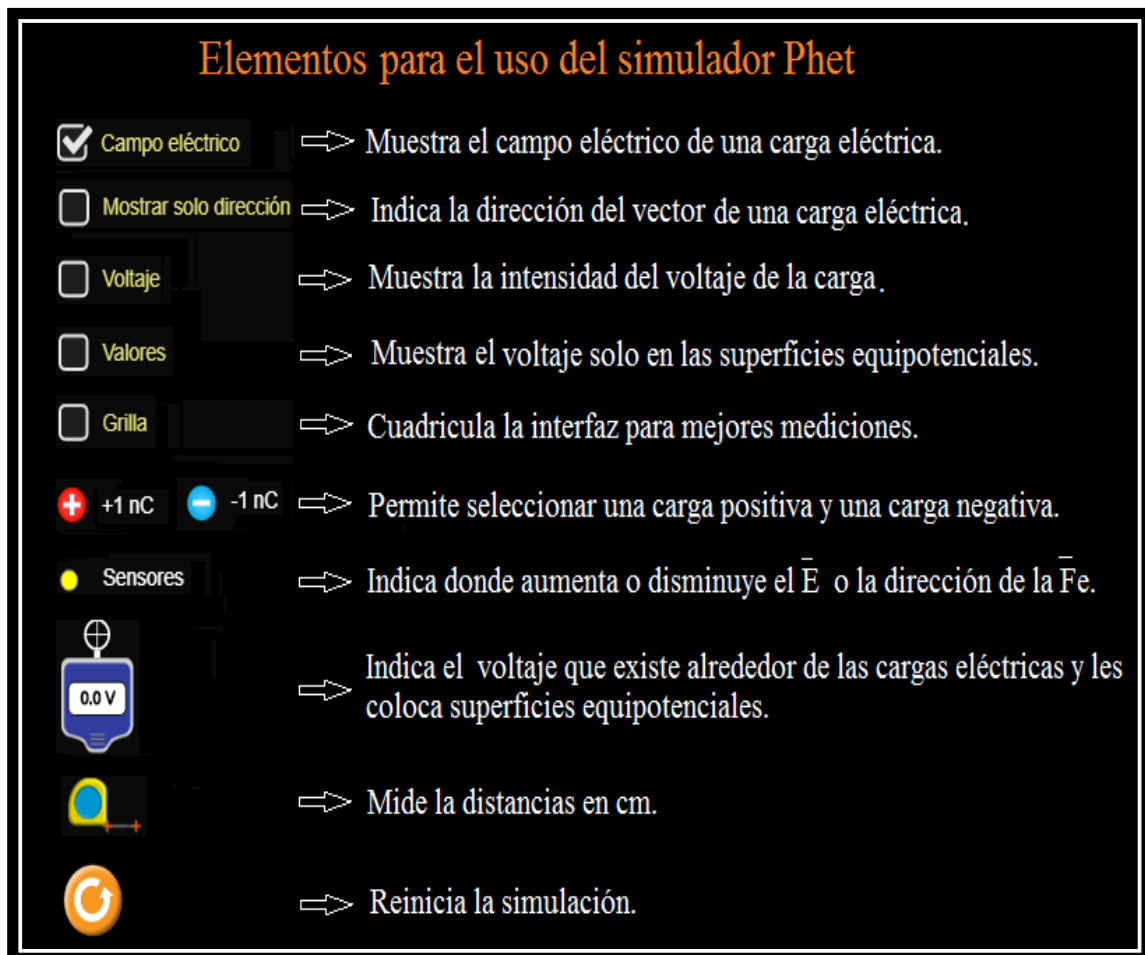


Figura 12. Elementos y herramientas para simular en Phet [16].

## **Práctica 5. Comportamiento de campo eléctrico en cargas eléctricas**

El propósito es que el estudiante entienda el funcionamiento del campo eléctrico con la interfaz gráfica Phet, que ayuda a visualizar cómo actúa el campo eléctrico y permite interactuar con la simulación.

**Objetivo general:** Analizar el comportamiento de campo eléctrico en las cargas eléctricas mediante el simulador PHET.

### **Objetivos particulares**

- I. Demostrar el concepto de campo eléctrico.
- II. Visualizar mediante simulaciones de la interfaz Phet las líneas de campo eléctrico en cargas eléctricas positivas y negativas.
- III. Analizar teóricamente los resultados obtenidos.

### **Preguntas previas**

Responda a las siguientes preguntas

1. ¿Qué es campo eléctrico?
2. ¿Qué es fuerza eléctrica?
3. ¿Cuál es la diferencia entre una carga fuente y una carga puntual?
4. ¿Qué es un campo eléctrico uniforme?

### **Equipo de trabajo**

- Computadora de escritorio o personal.

### **Simulador**

- Ingresa a la siguiente página web del simulador Phet para realizar las simulaciones que se encuentran más adelante [16]:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_es.html)

### Simulación 5.1: Líneas de campo eléctrico en una sola carga eléctrica.

- Selecciona una carga positiva, colócala en medio de la simulación y elije el botón de campo eléctrico.
- Observa y dibuja sobre la figura 13, la dirección de las líneas de campo eléctrico alrededor de la carga positiva que te mostró el simulador.

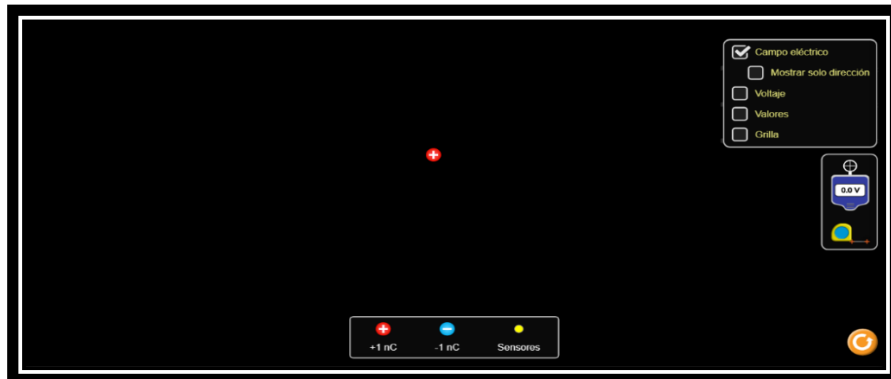


Figura 13. Líneas de campo eléctrico en una carga positiva [16].

- Elije una carga negativa y la opción de campo eléctrico.
- Observa y dibuja sobre la imagen la dirección de las líneas de campo eléctrico alrededor de la carga negativa que te mostró el simulador (figura 14).

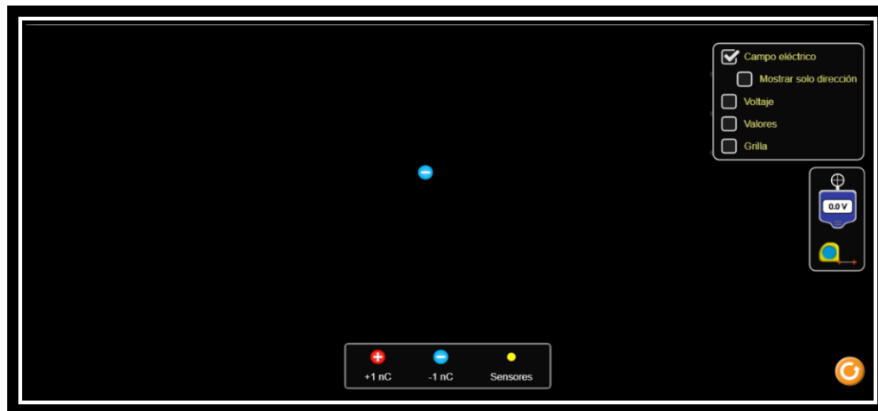


Figura 14. Líneas de campo eléctrico en una carga negativa [16].

## **Preguntas de la Simulación 5.1: Líneas de campo eléctrico en una sola carga eléctrica**

1. ¿Cuál es la dirección en la que radia el campo eléctrico alrededor de una carga positiva?
2. ¿Cuál es la dirección en la que radia el campo eléctrico alrededor de una carga negativa?
3. Indica dónde se aumenta y disminuye la intensidad de campo eléctrico en una carga fuente.
4. ¿En dónde se terminan las líneas del campo eléctrico que comienzan en una carga fuente positiva solitaria?
5. ¿Qué se necesita para que un campo eléctrico genere una fuerza eléctrica?

## Simulación 5.2: Líneas de campo eléctrico con dos cargas eléctricas

- Selecciona dos cargas positivas y la opción de campo eléctrico.
- Dibuja en la figura 15 las líneas de campo eléctrico alrededor de las dos cargas positivas que te mostró el simulador.
- Retira una carga eléctrica positiva y observa el campo eléctrico.

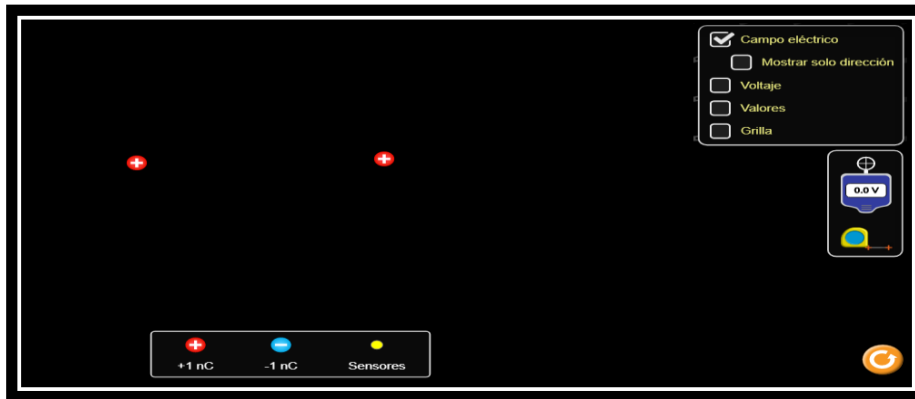


Figura 15. Campo eléctrico en dos cargas positivas [16].

- Selecciona la opción campo eléctrico y dos cargas negativas.
- Dibuja en la figura 16 las líneas de campo eléctrico alrededor de las dos cargas negativas que te mostró el simulador.

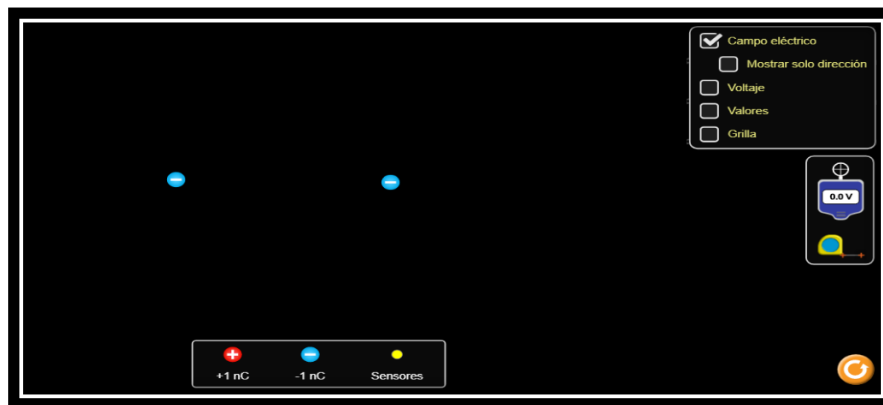


Figura 16. Campo eléctrico en dos cargas negativas [16].

- f. Selecciona una carga positiva, una carga negativa y la opción de campo eléctrico.
- g. Dibuja en la figura 17 las líneas de campo eléctrico que muestra el simulador en cada una de las cargas.

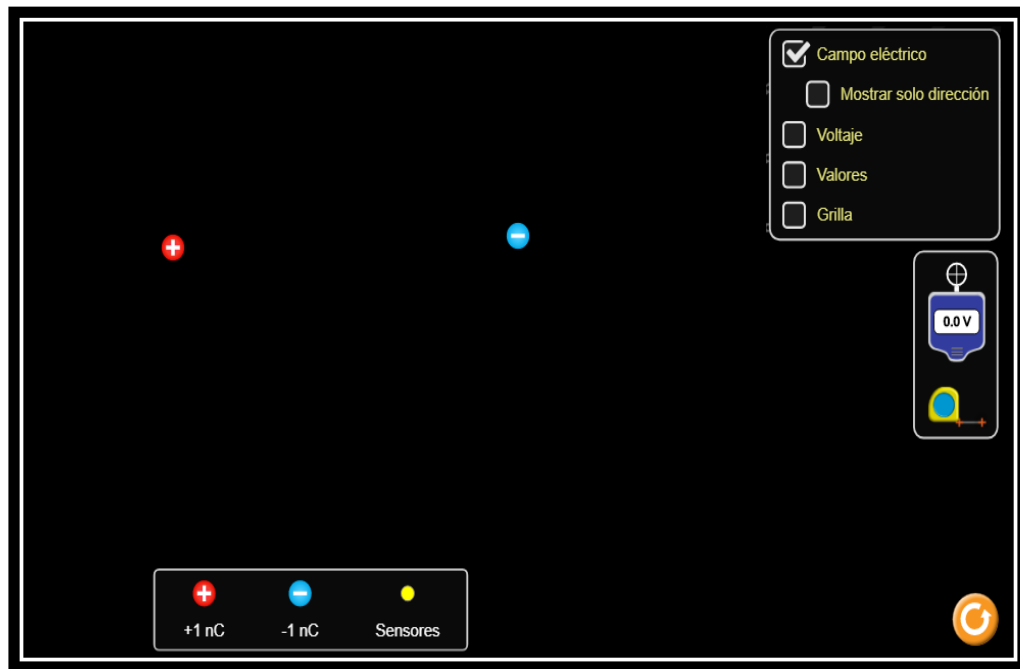


Figura 17. Campo eléctrico en cargas de diferente signo [16].

## Preguntas de la simulación 5.2

### Líneas de campo eléctrico con dos cargas eléctricas

1. ¿Qué sucede si se coloca una carga de prueba en el campo eléctrico de una carga fuente, ambas de signo positivo?
2. ¿El campo eléctrico es independiente de una carga de prueba?
3. ¿Qué efecto se produce si acercamos una carga puntual negativa dentro del campo eléctrico de la carga fuente negativa?
4. ¿Qué efecto se produce cuando se coloca una carga de prueba positiva cerca de una carga fuente negativa?
5. ¿Dos cargas eléctricas del mismo signo que se encuentran en un campo eléctrico generan fuerza eléctrica entre sí? y ¿Por qué?

## Ejercicios para reflexionar

### A. Ejercicio 1

En medio de un campo eléctrico uniforme se coloca una carga positiva, dibuja y responde las siguientes preguntas (figura 18).

1. Dibuja en la figura 18 hacia dónde se dirige el campo eléctrico uniforme entre las cargas eléctricas positivas y negativas.
2. Dibuja en la figura 18 hacia donde se dirige la fuerza eléctrica que produce la carga positiva que se colocó en medio del campo uniforme con un color diferente.
3. Menciona si el campo eléctrico uniforme y la fuerza eléctrica experimentan una misma dirección o una dirección contraria cuando se coloca una carga puntual positiva (figura 18).

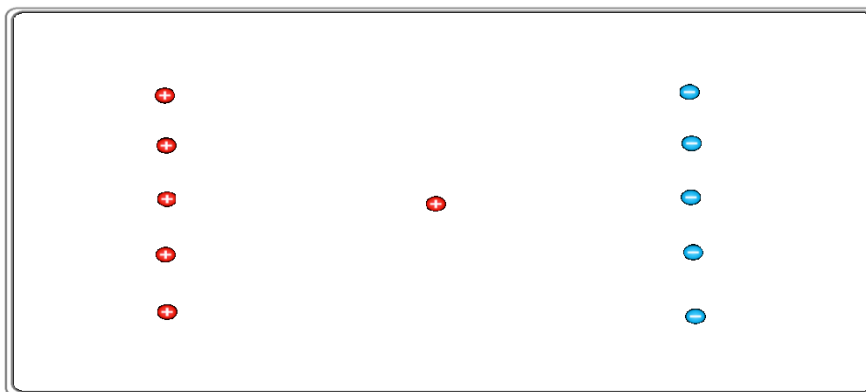


Figura 18. Dirección de Campo eléctrico y Fuerza eléctrica en una carga puntual positiva [16].

## B. Ejercicio 2

En medio de un campo eléctrico uniforme se coloca una carga negativa, dibuja y responde las siguientes preguntas (figura 19).

1. Dibuja en la **figura 19** hacia dónde se dirige el campo eléctrico uniforme entre las cargas eléctricas positivas y negativas.
2. Dibuja en la **figura 19** hacia dónde se dirige la fuerza eléctrica que produce la carga negativa que se colocó en medio del campo uniforme con un color diferente.
3. Menciona si el campo eléctrico uniforme y la fuerza eléctrica experimentan una misma dirección o una dirección contraria cuando se coloca una carga puntual negativa en la figura 19.

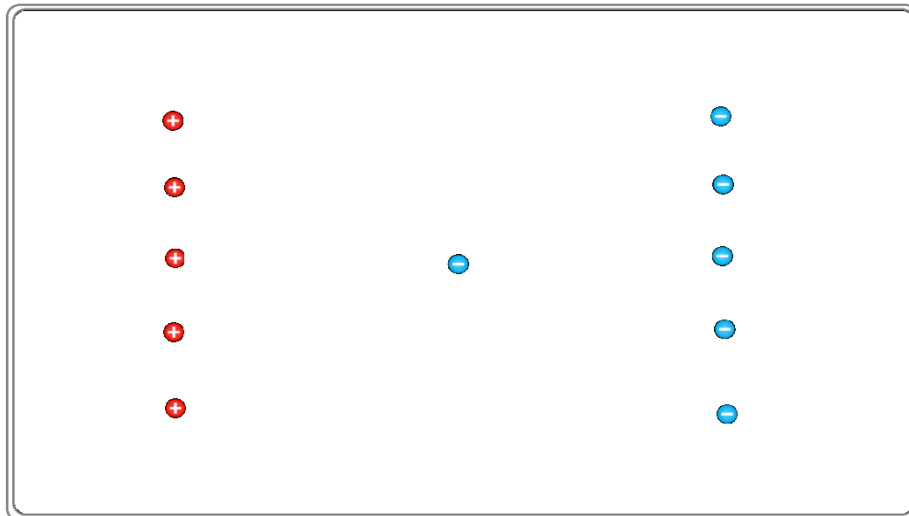


Figura 19. Dirección de Campo eléctrico y Fuerza eléctrica en una carga puntual negativa [16].

## **Trabajo para todo el grupo en equipo**

1. Menciona una analogía de campo eléctrico, como tú te lo imagines o alguna que hayas escuchado.
2. Selecciona una simulación o un ejercicio para reflexionar con tu equipo de trabajo y explícalo con tus propias palabras ante los demás compañeros de tu clase.
3. Escribe tus conclusiones de cada práctica y si el profesor lo requiere entrega tu informe en equipo o individualmente.

---

### 3. CAPACITOR

---

Conceptos: el capacitor o también llamado condensador es un dispositivo activo<sup>1</sup> que almacena energía eléctrica. Está compuesto por dos placas metálicas paralelas separadas por un material dieléctrico. La energía que almacena un capacitor se encuentra en forma de campo eléctrico entre sus dos placas y es uniforme. Cuando se conecta el condensador a una fuente de voltaje se transfieren cargas de una placa a otra, generando que el capacitor tenga cargas iguales pero opuestas en cada placa, el proceso de carga se detiene hasta que la diferencia de potencial es igual al voltaje de la batería. Un capacitor se puede descargar si se coloca un conductor entre sus terminales [17] [18] [19].

Una de las aplicaciones del capacitor en la vida cotidiana se puede encontrar en una cámara fotográfica, específicamente en la unidad donde se encuentra el flash, esta zona contiene un capacitor que almacena gradualmente una gran cantidad de energía y luego la libera rápidamente al emitir el destello.

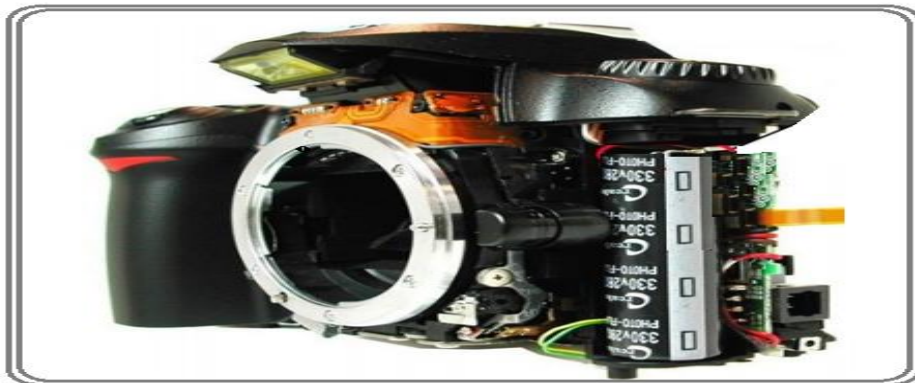


Figura 20. Cámara fotográfica con capacitor [20]

---

<sup>1</sup> Un dispositivo activo es aquel que cambia su impedancia en función de la frecuencia.

**La capacitancia** es una medida de la capacidad que tiene un capacitor para almacenar carga y energía potencial, su capacitancia siempre es constante y es una cantidad positiva. La capacitancia  $C$  de un condensador cilíndrico es la razón entre la magnitud de la carga  $Q$  en cualquiera de los conductores y la magnitud de la diferencia de potencial  $V$  entre ellos [17] [18] [19].

$$C = \frac{Q}{V} ; \left[ \frac{C}{V} \right] ; [F] \quad (\text{ec. 3})$$

**La capacitancia de un condensador de placas paralelas** es proporcional al área  $A$  e inversamente proporcional a la distancia entre las placas  $d$  [17] [18] [19]. La capacitancia depende de la constante de permitividad eléctrica, que es un parámetro físico de los materiales que describe cuando son afectados por un campo eléctrico; y la constante dieléctrica  $K$ , que es una constante de proporcionalidad llamada constante de la ley de Coulomb y depende del medio en el que se encuentren las cargas. En la ecuación 4 se muestran los valores de estos parámetros en el espacio vacío.

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} [F] ; \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} ; k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \quad (\text{ec. 4})$$

Se mencionó anteriormente que un capacitor está compuesto por dos placas metálicas paralelas separadas por un material dieléctrico. El dieléctrico es un material no conductor que puede ser: plástico, papel, caucho, vidrio, cuya finalidad es crear campo eléctrico entre las placas del capacitor ver figura 21.

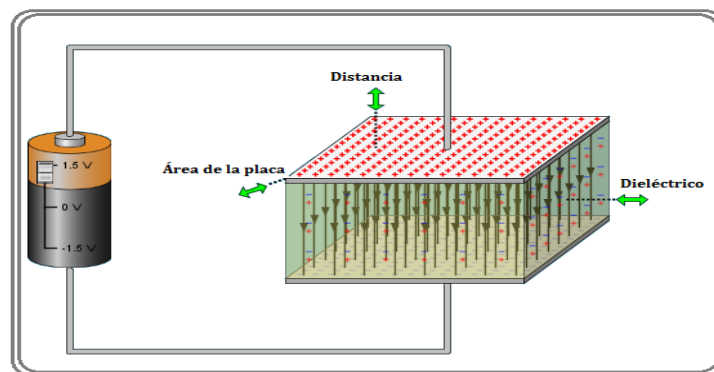


Figura 21. Condensador de placas paralelas con dieléctrico conectado a una pila [21]

**La capacidad de un condensador de placas paralelas puede variar por los siguientes factores [22]**

**a. Distancia entre las placas paralelas**

- Si la distancia entre las placas paralelas aumenta, disminuye la capacitancia, la energía almacenada y el campo eléctrico.
- Si la distancia entre las placas paralelas disminuye, aumenta la capacitancia, la energía almacenada y el campo eléctrico.
- El voltaje es el mismo aumente o disminuya la distancia.

**b. Área de las placas paralelas**

- Si el área de las placas aumenta, aumenta la capacitancia, la carga y la energía almacenada.
- Si el área de las placas disminuye, disminuye la capacitancia, la carga, y la energía almacenada.
- El voltaje es el mismo aumente o disminuya la distancia.

**c. Dieléctrico**

- Los materiales que se utilizan como dieléctricos tienen diferentes grados de permitividad
- Si el dieléctrico disminuye, aumenta la capacitancia, la carga y la energía almacenada.
- Si el dieléctrico aumenta, disminuye la capacitancia, la carga y la energía almacenada.
- El voltaje es el mismo aumente o disminuya la distancia.

### **Es importante señalar el correcto uso de un capacitor cilíndrico y cerámico,**

Para qué un condensador no reviente conecta un condensador con igual o mayor voltaje que la fuente que suministra el circuito.

- No toques un capacitor que anteriormente estuvo conectado en un circuito cerrado con una fuente de voltaje, porque está cargado y te puede dar una descarga. Se debe tener cuidado si se ocupan valores de voltaje muy altos.
- Con la ayuda de un multímetro se puede conocer si el capacitor está cargado de voltaje. Para realizar la medición se dan indicaciones en el anexo 2 al final del manual.
- Recuerda que en un circuito cerrado el condensador se carga de energía en un corto tiempo.
- La forma correcta de descargar un condensador es conectar una carga entre sus terminales, es decir un resistor conectado entre sus dos terminales o se pueden colocar unas pinzas en cada terminal del capacitor. ¡Cuidado! se recomienda hacerlo con valores pequeños de voltaje (menores de 50 V).
- Los capacitores cilíndricos si tienen polaridad, la terminal más corta es negativa y la terminal larga es positiva, por lo tanto, es necesario tener cuidado al conectarlos para que no sean dañados los condensadores.
- Los capacitores cerámicos o de lenteja no importa cómo se conecten al circuito, porque no tienen polaridad.

## Lectura de los valores de capacitancia y voltaje de los condensadores cilíndricos y cerámicos [23]

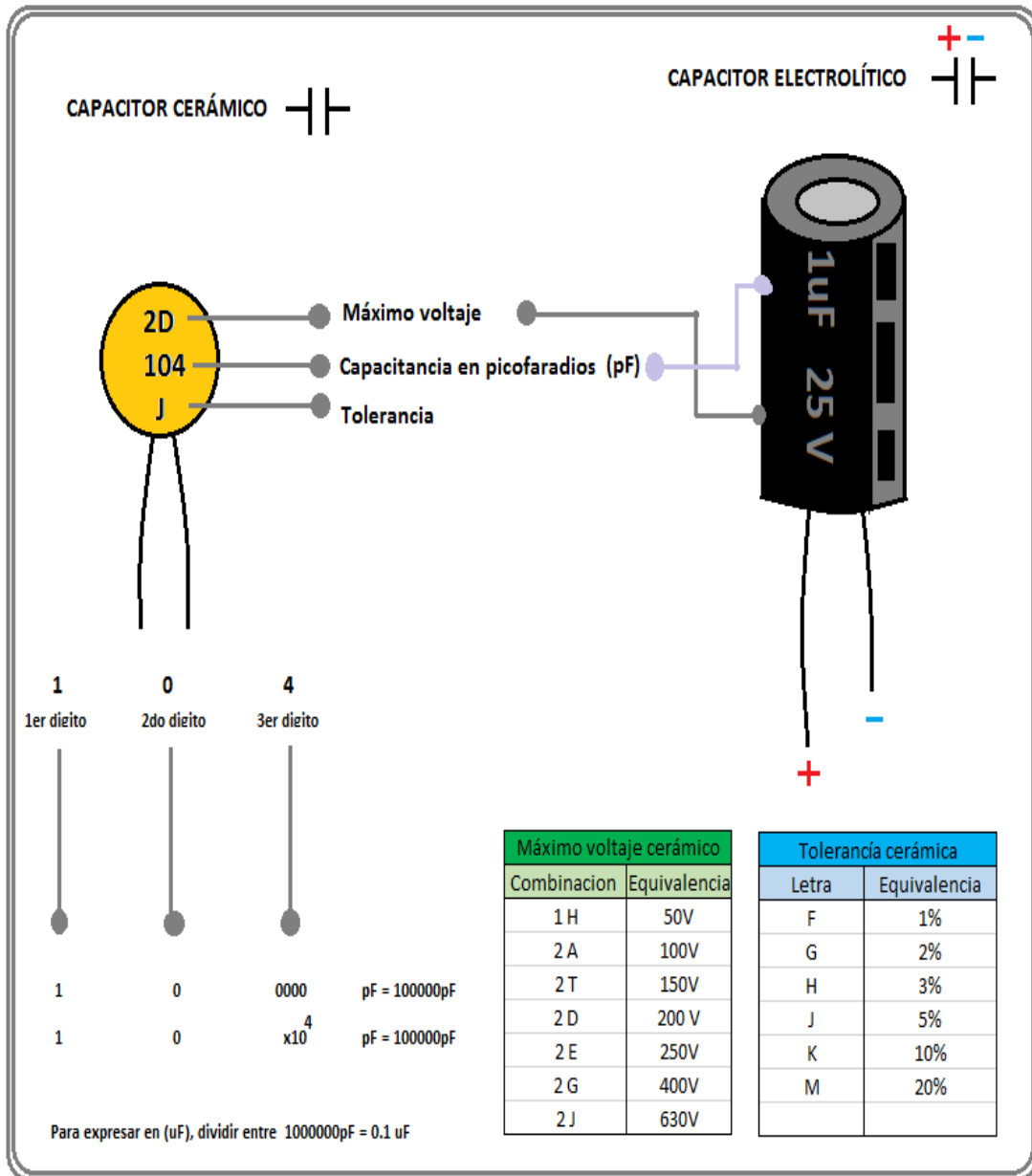


Figura 22. Capacitancia de los condensadores cilíndrico y cerámico (Diagrama propio basado en [23]).

## **Práctica 6. Construcción de un capacitor**

### **Objetivo general**

Construir un capacitor de forma experimental para que el estudiante conozca su estructura interna.

### **Objetivos particulares**

- I. Participar en la construcción de un capacitor de placas paralelas de forma experimental.
- II. Aprender el uso correcto del multímetro en modo de continuidad y de capacitancia.

### **Actividad previa**

1. Revisar anexo 2 “Uso del multímetro: capacitancia y prueba de continuidad”

### **Cuestionario previo**

1. ¿Cuál es la diferencia entre capacitor y capacitancia?
2. ¿Qué es un corto circuito
3. ¿Qué es continuidad?

Nota: se van a ocupar dos capacitores contruidos para experimentos posteriores, por lo tanto, pueden trabajar en equipo o construir dos capacitores en caso de trabajar individualmente.

### **Equipo**

- Multímetro

### **Materiales para construir dos capacitores**

- Una regla, cinta adhesiva, tijeras y 2 caimanes
- 4 hojas de papel aluminio 34x30 cm. y 4 hojas de plástico delgado 38x30cm.
- Papel cascarón de 50x3 cm.

## Experimento 6.1

### Construcción de un capacitor (primera parte) [24]

- Coloca en una mesa la primera hoja de plástico.
- Encima de la primera hoja coloca la primera hoja de aluminio desplazada 1.5 cm a la derecha de la hoja de plástico.
- La segunda hoja de plástico se va a colocar encima de la hoja de aluminio, a la misma distancia de la primera hoja de plástico base.
- Finalmente, sitúa la segunda hoja de aluminio, pero desplazada 1.5 cm hacia la izquierda, ver figura 23.

Nota: Las hojas de aluminio no deben tocarse entre sí, por qué provocaría un corto circuito, para ello es necesario realizar la prueba de continuidad.

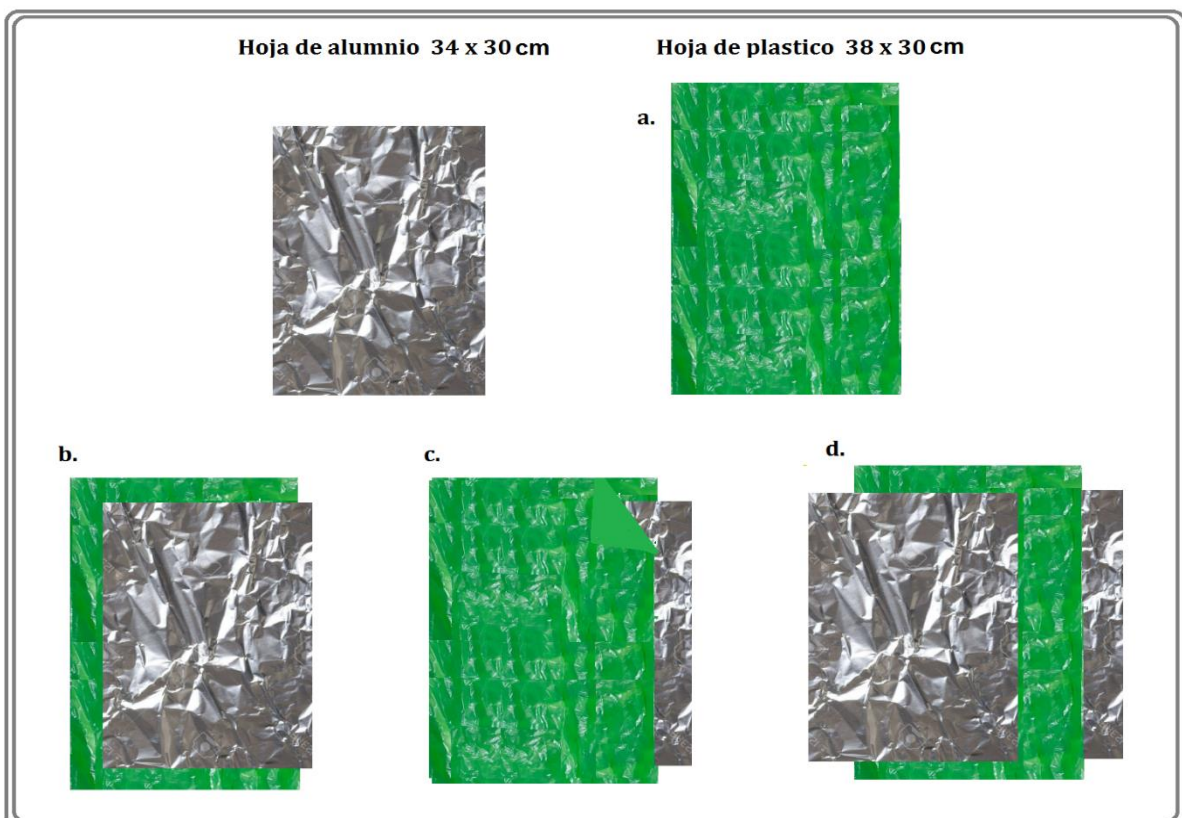



Figura 23. Construcción de un capacitor, primera parte (Diagrama propio basado en [24]).

#### e. Prueba de continuidad (anexo 2)

- Es necesario realizar una prueba de continuidad, para evitar un corto circuito entre las hojas de aluminio y la forma básica de medir continuidad es la siguiente:
- Conecta en la terminal COM la punta negra (negativa) y en la terminal (V,  $\Omega$ , Hz) introduzca la punta roja (positiva).
- Selecciona con el interruptor del multímetro el símbolo de continuidad (  ) y enciende el multímetro.
- Toca con la punta roja del multímetro la primera hoja de aluminio y con la punta negra toca la segunda hoja de aluminio.
- No tienen corto las hojas de aluminio si muestra el número 1 en el display del multímetro.
- Si las láminas de aluminio tienen corto circuito la pantalla muestra 000 o un número negativo con un zumbido, ver anexo 2 (continuidad). Si esto sucede, solo pega cinta adhesiva en los orificios encontrados en las hojas de plástico o revisa que las hojas de aluminio no se toquen entre sí. Vuelve a repetir la medición de continuidad ver figura 24.

## CONTINUIDAD



## CORTO CIRCUITO



Figura 24. Prueba de continuidad y corto circuito en el capacitor (Diagrama propio basado en [25]).

## Construcción del capacitor (segunda parte)

- Coloca el papel cascarón en la parte inferior encima de las hojas de aluminio y plástico que ya tienes acopladas.
- Enrolla hacia arriba las hojas junto con el papel cascarón.
- Al terminar de enrollar el capacitor en la parte final pega con cinta adhesiva para que se queden fijas las hojas de plástico y aluminio, ver figura 25.
- Nuevamente mide continuidad para asegurarte de que no tiene corto circuito el capacitor.

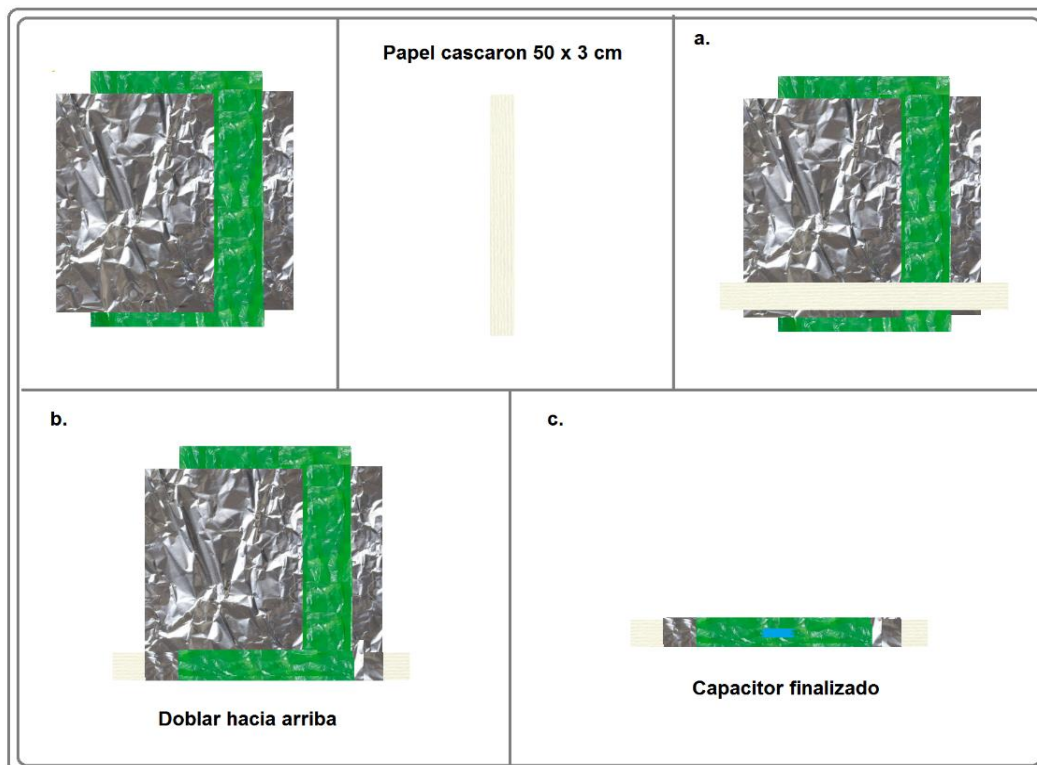


Figura 25. Construcción del capacitor, segunda parte (Diagrama propio basado en [25])

## Preguntas del experimento 6.1 (primera y segunda parte)

1. Menciona los factores de los que depende la capacitancia de un capacitor de placas paralelas.
2. ¿Qué efectos produce un dieléctrico entre las placas paralelas de un condensador?
3. Si el área de un capacitor es pequeña, ¿qué factores cambian en el condensador de placas paralelas?
4. ¿Por qué los capacitores que se construyeron en clase dieron una capacitancia diferente si se usó el mismo procedimiento?, menciona 2 factores que lo provocaron.

## **Práctica 7. Funcionamiento de un condensador**

El propósito es que el estudiante comprenda el funcionamiento básico de un condensador

### **Objetivo general**

- Analizar el funcionamiento de un capacitor en la conexión en serie y paralelo.

### **Objetivos particulares**

- I. Demostrar las diferencias que tiene el capacitor cilíndrico y el de placas paralelas.
- II. Analizar el comportamiento de un capacitor en conexión en serie y en paralelo.

### **Actividad previa**

1. Revisar el anexo 2 “Uso del multímetro”, anexo 3 “Símbolos eléctricos” y anexo 4 “Funcionamiento del protoboard”, que están al final del manual.
2. Escribe las fórmulas de conexión en serie y paralelo de capacitores.

### **Equipo**

- Multímetro.

### **Materiales**

- Pila de 9 V con su conector (broche para pila)
- Condensador construido en la práctica 6 (valor independiente).
- 1 capacitor de 1000  $\mu$  F a 25 V.
- 1 led rojo.
- 1 resistor de 220  $\Omega$
- Protoboard y cable UTP
- Pinzas pequeñas de corte o corta uñas.
- Cúter y caimanos.

## **Experimento 7.1**

### **Medición de la capacitancia y el voltaje en el capacitor construido**

- a. Conecta el capacitor construido en el multímetro por medio de caimanes, ver figura 26.
- b. ¡Importante! el capacitor construido no tiene polaridad, por lo tanto, no importa donde coloques las puntas del multímetro para su medición o en la pila.
- c. Mide la capacitancia del condensador con el multímetro como lo indica el procedimiento del anexo 2 en la sección “Medición de capacitancia” y ver figura 26.
- d. Desconecta todo y apaga el multímetro.
- e. Ahora mide el voltaje en el capacitor antes de conectar la pila, como lo indica el procedimiento del anexo 2 en la sección “Medición de voltaje” y ver figura 26.
- f. Conecta la pila en el capacitor construido por medio de caimanes y déjalo cargar aproximadamente un minuto y durante el tiempo que está conectado el capacitor a la pila mide su voltaje.
- g. Desconecta el capacitor de la batería y sigue midiendo el voltaje en el condensador con el multímetro.
- h. Deja conectado el multímetro y mide el tiempo en el que se descarga el capacitor de voltaje ver figura 26.

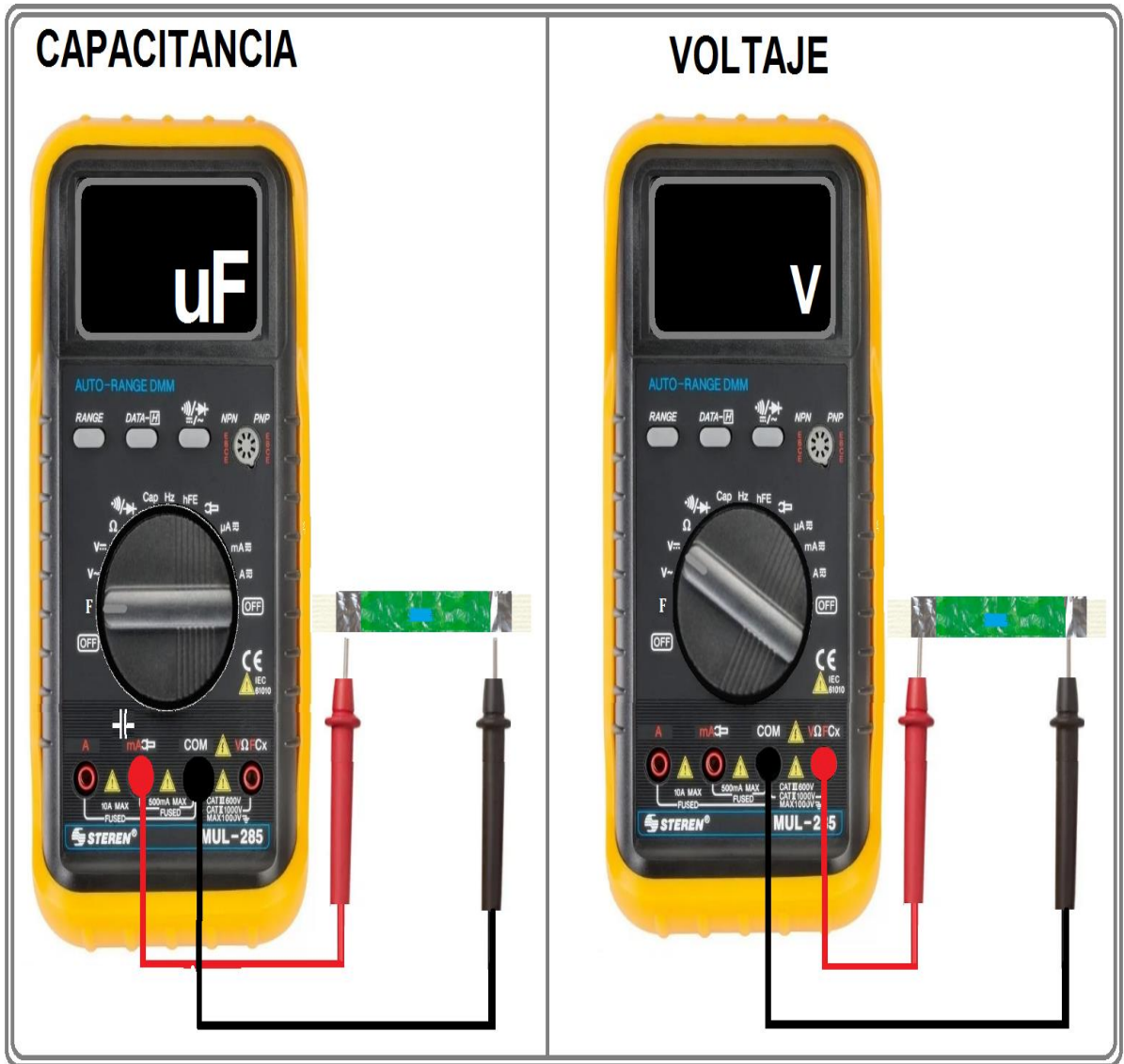


Figura 26. Medición de capacitancia y voltaje de un capacitor (Diagrama propio basado en [25])

## Preguntas del experimento 7.1

1. ¿Qué valor de capacitancia te mostró el multímetro cuando mediste el capacitor construido?
2. ¿Qué valor de voltaje obtuviste cuando mediste el capacitor construido en el multímetro antes de conectar la pila?
3. ¿Qué valor de voltaje obtuviste del capacitor construido en el multímetro cuando estaba conectado en la pila?
4. ¿Qué valor de voltaje obtuviste del capacitor construido después de desconectarlo de la pila?
5. ¿En cuánto tiempo se descargó de voltaje el capacitor construido?

## Experimento 7.2

Analizar la diferencia de un circuito en conexión paralelo con un capacitor construido y un capacitor electrolítico [26].

- Arma el circuito en paralelo con el capacitor construido, ver figura 27.
- Conecta la pila de 9 V al protoboard por 60 segundos aproximadamente y desconecta la pila.
- Observa y anota el comportamiento del led después de desconectar la pila y anota las diferencias que observaste.
- Ahora solo intercambia el capacitor construido por el capacitor cilíndrico de  $1000\ \mu\text{F}$  en el mismo circuito, ver figura 28.

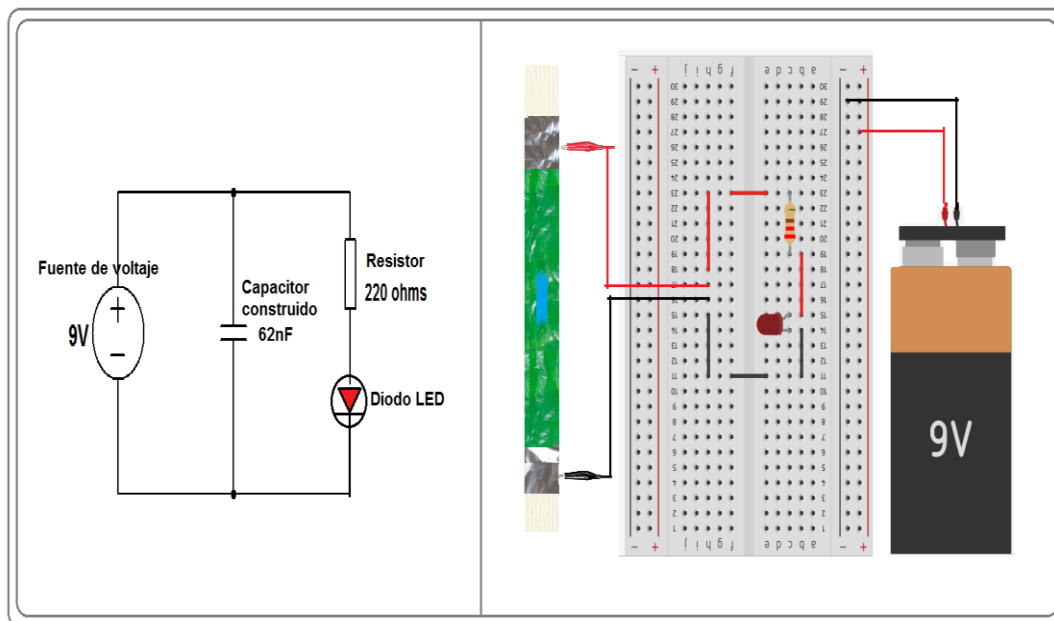


Figura 27. Circuito en paralelo con capacitor construido (Diagrama propio basado en [27]).

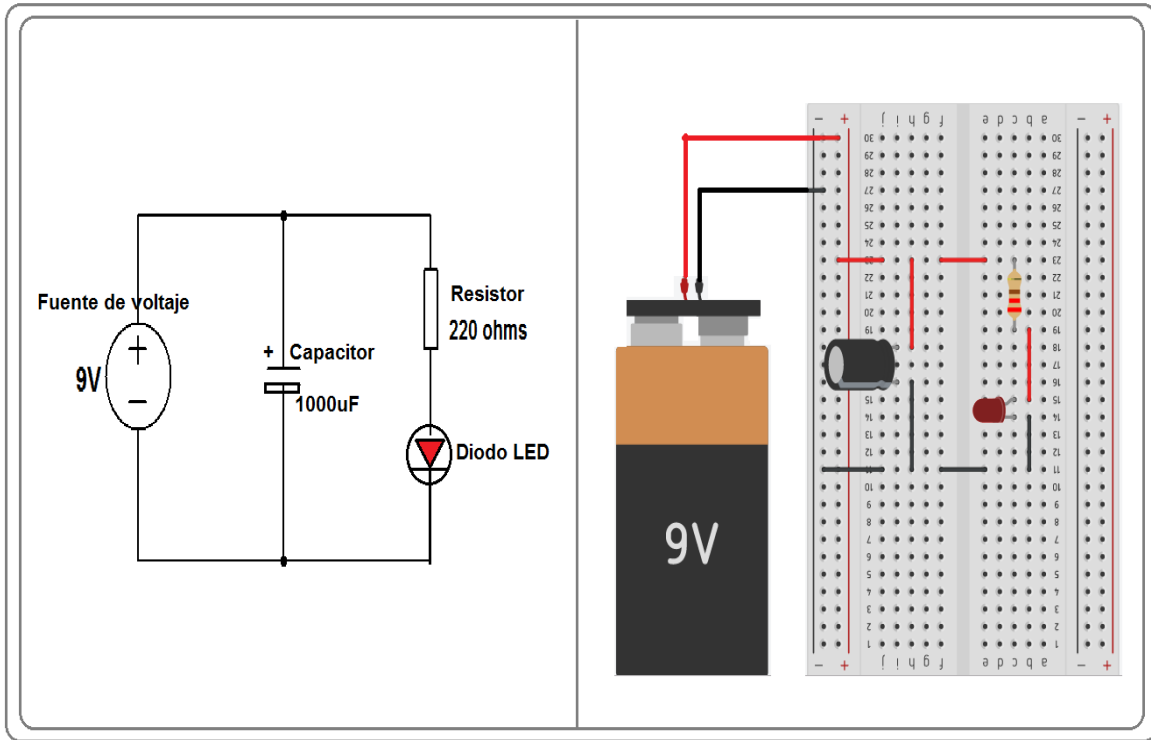


Figura 28. Circuito en paralelo con capacitor electrolítico (Diagrama propio basado en [27]).

## Preguntas del experimento 7.2

1. ¿Cuál fue el comportamiento del led cuando conectaste la pila por 60 segundos y al desconectarla, en el caso del capacitor construido?
  
2. ¿Qué comportamiento tuvo el led cuando el capacitor era de 1000  $\mu\text{F}$  en el circuito?



## Experimento 7.3

### Conexión en serie de un capacitor, un led y un resistor [26].

- Arma el circuito en serie, con el capacitor construido, ver figura 29.
- Conecta la pila de 9 V por 60 segundos aproximadamente y desconéctalos.
- Observa y anota el comportamiento del led después de desconectar la pila y anota las diferencias que observaste.
- Ahora intercambia el capacitor construido por el capacitor cilíndrico de  $1000\ \mu\text{F}$  en el mismo circuito, ver figura 30.

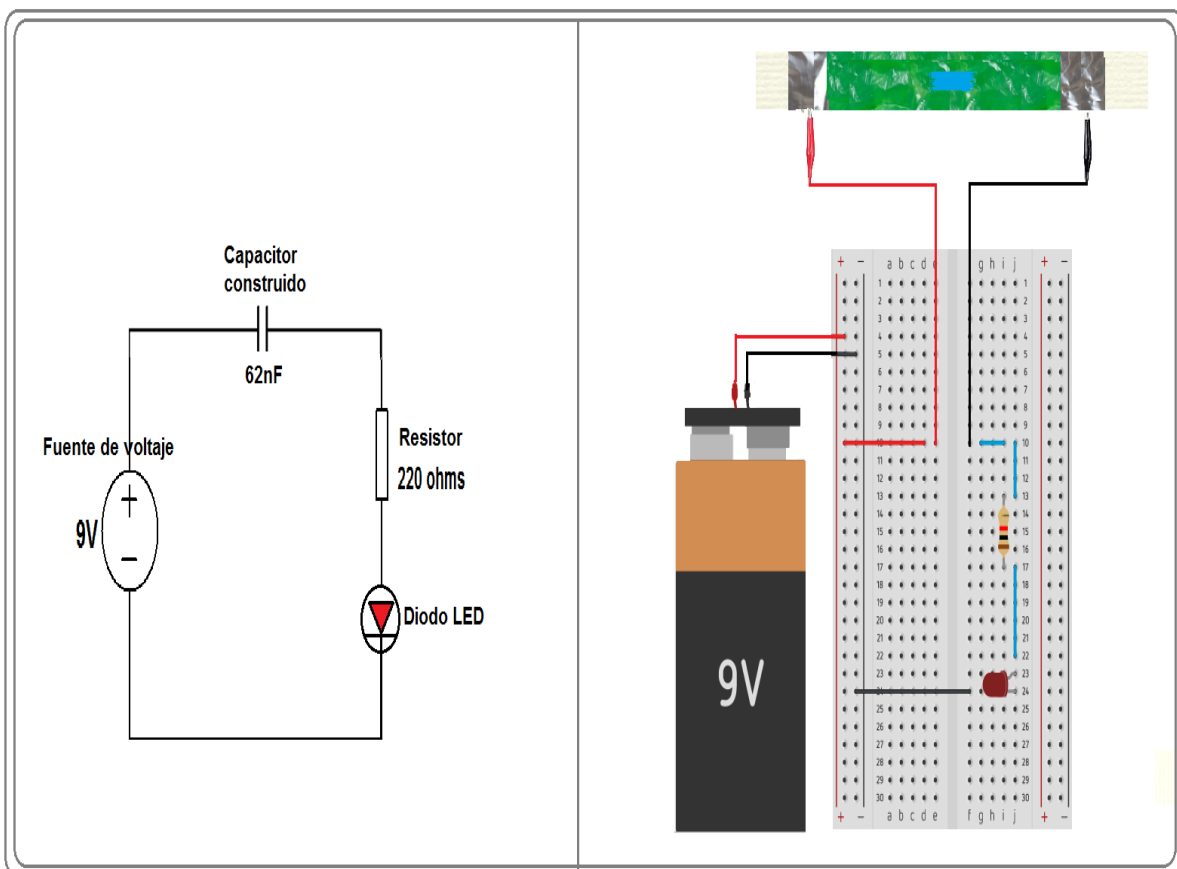


Figura 29. Circuito en serie con el capacitor construido (Diagrama propio basado en [27]).

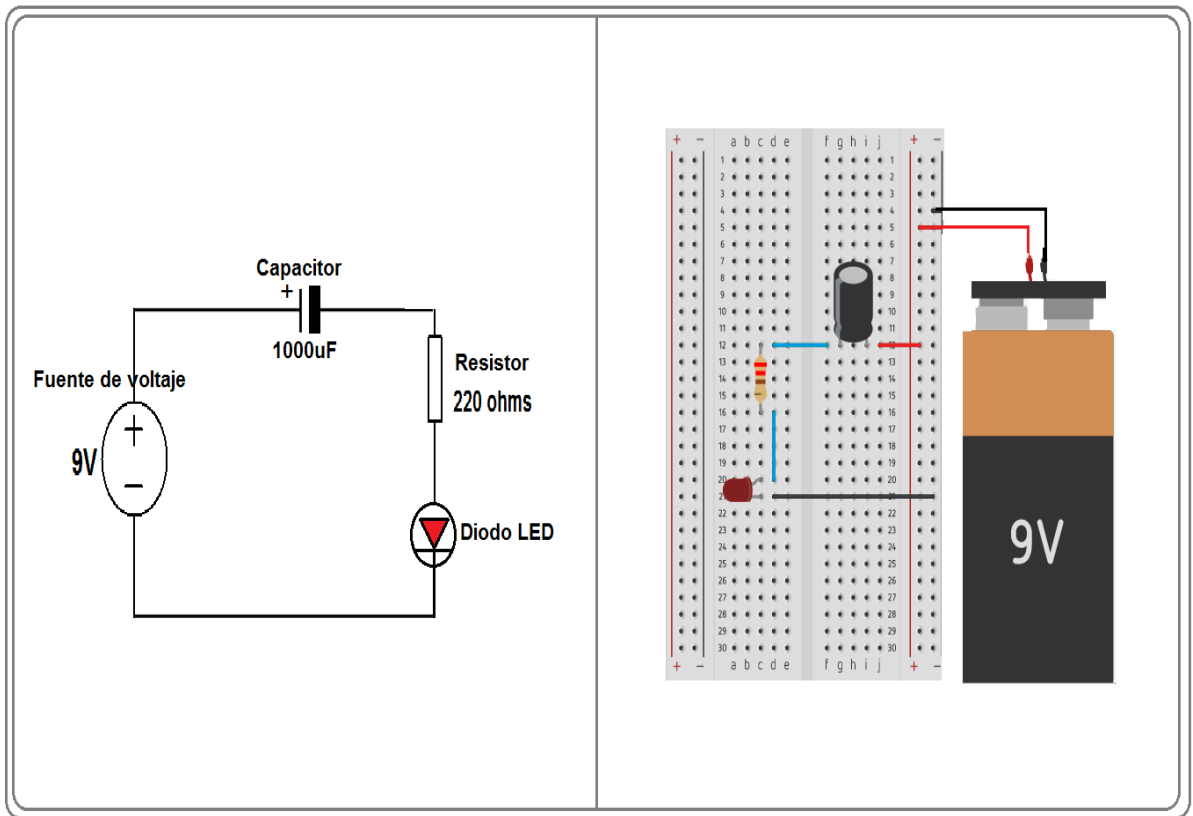


Figura 30. Circuito en paralelo con capacitor electrolítico (Diagrama propio basado en [27]).

### Preguntas del experimento 7.3

1. ¿Cuál fue el comportamiento del led cuando conectaste la pila por 60 segundos y cuando la desconectaste, en el caso del capacitor construido?
2. ¿Qué comportamiento tuvo el led cuando cambiaste el capacitor de 1000  $\mu\text{F}$  en el circuito?
3. ¿Qué tipo de conexión en serie o paralelo con capacitores ocuparías si quisieras que tu led encendiera por más tiempo? y ¿por qué?
4. Indica las diferencias que observaste al encender un led en conexión en serie y en paralelo.
5. Menciona todas las diferencias que observaste al usar el capacitor construido y el capacitor cilíndrico en el circuito en serie.

## Experimento 7.4 Conexión en serie de dos capacitores contruidos

- Conecta en serie los dos capacitores contruidos, posteriormente con el multímetro realiza la medición, ver figura 31.
- Mide la capacitancia en cada uno de los condensadores y la capacitancia total de los dos capacitores contruidos y después desconecta el multímetro, ver figura 31.
- Después conecta la pila en serie con los condensadores contruidos, ver figura 32.
- Mide el voltaje total en paralelo en las terminales de un condensador, luego espera 20 segundos y observa si cambia el voltaje, ver figura 32.
- Enseguida mide el voltaje total en paralelo en las terminales del segundo capacitor por 20 segundos y observa si cambia el voltaje, ver figura 32.

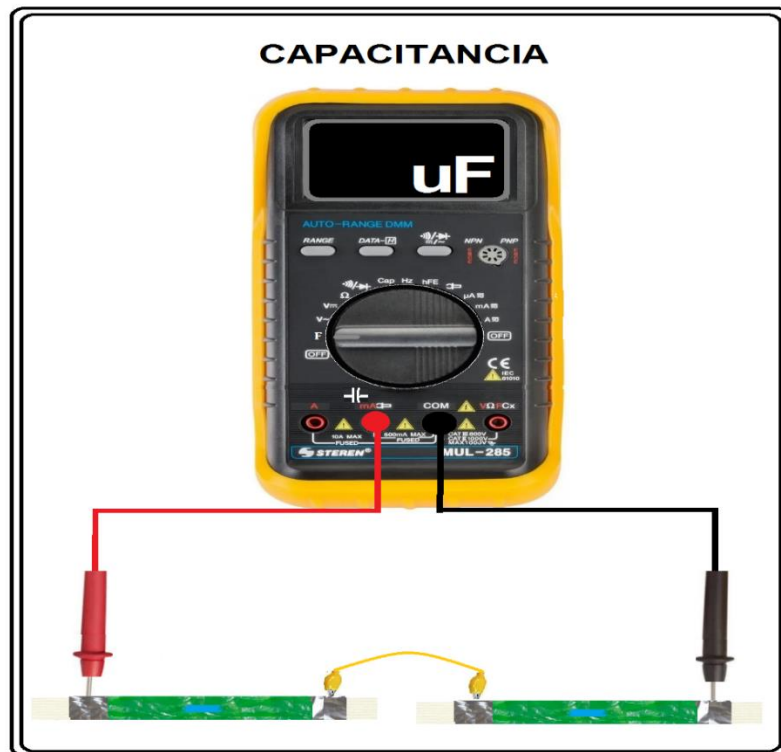


Figura 31. Medición de capacitancia con dos capacitores en serie (Diagrama propio basado en [25])

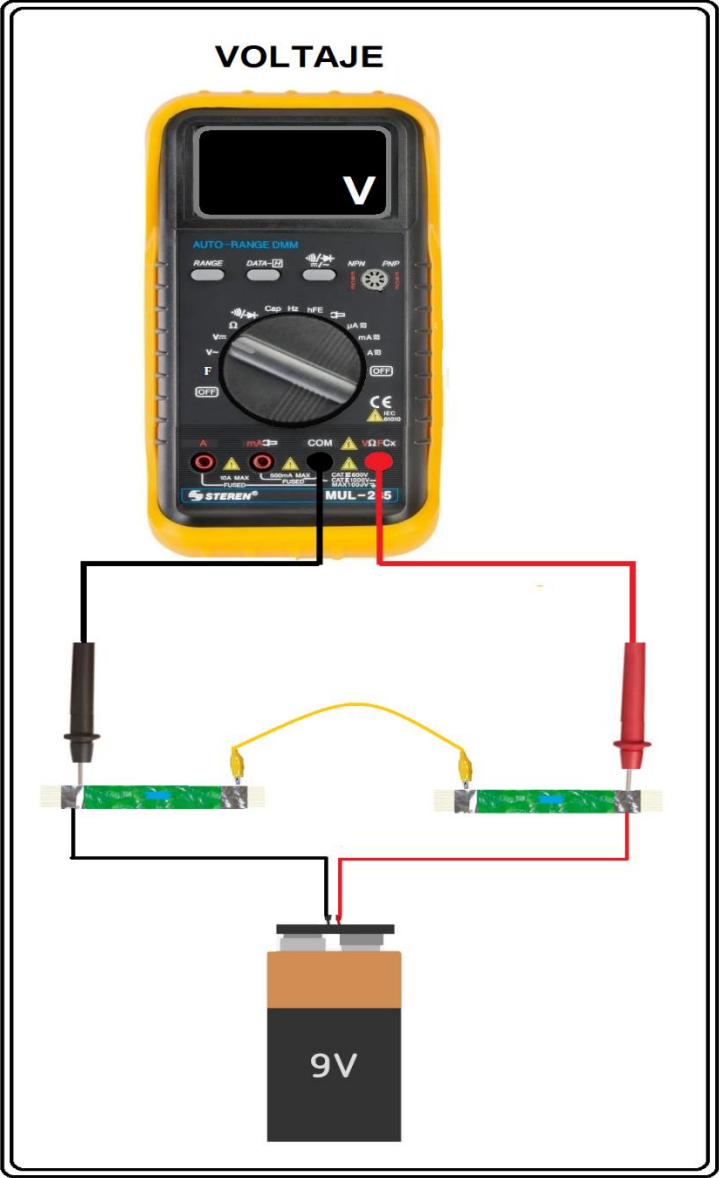
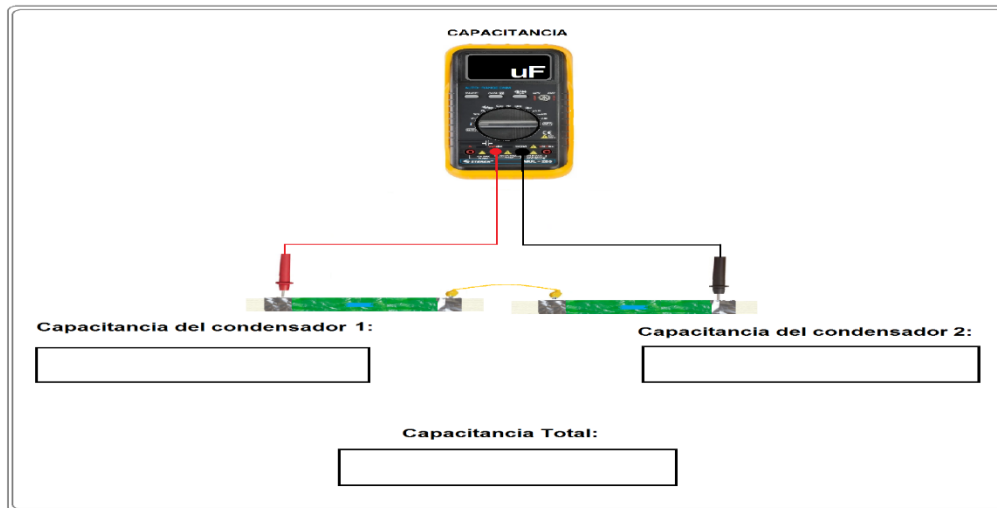


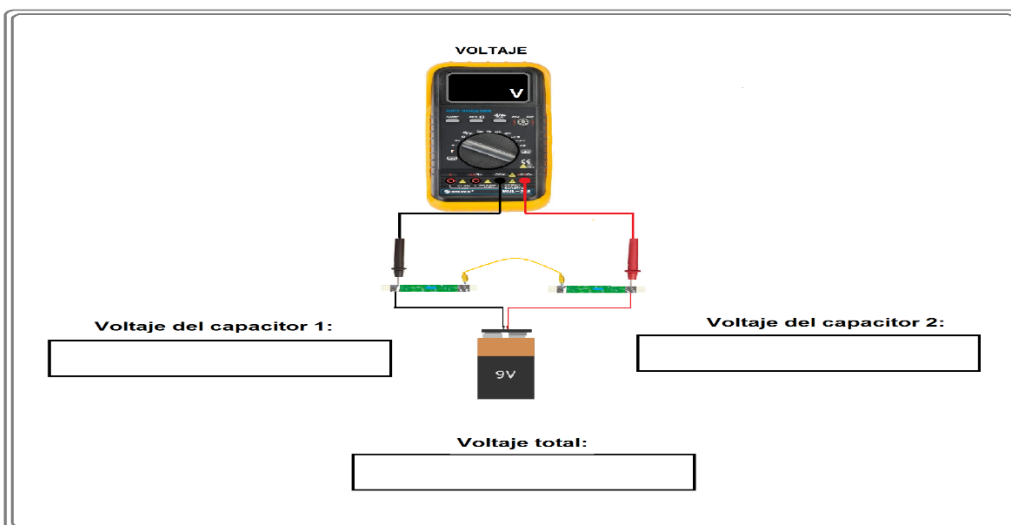
Figura 32. Medición de voltaje con dos capacitores en serie (Diagrama propio basado en [25]).

## Preguntas del experimento 7.4

1. Escribe en la siguiente imagen el valor total de la capacitancia y los valores de cada capacitor construido en conexión en serie que obtuviste en el experimento 7.4.



2. Escribe en la siguiente imagen el voltaje total de la conexión de los dos capacitores construidos y conectados en serie y el voltaje de cada capacitor.



## Experimento 7.5

### Conexión en paralelo de dos capacitores construidos

- Conecta en paralelo dos capacitores construidos y mide la capacitancia total, ver figura 33.
- Después conecta la pila de 9 V en paralelo con los condensadores, ver figura 34.
- Mide el voltaje total en paralelo en las terminales de un condensador y espera 20 segundos observando el voltaje, ver figura 34.
- Después rápidamente mide el voltaje del segundo capacitor.

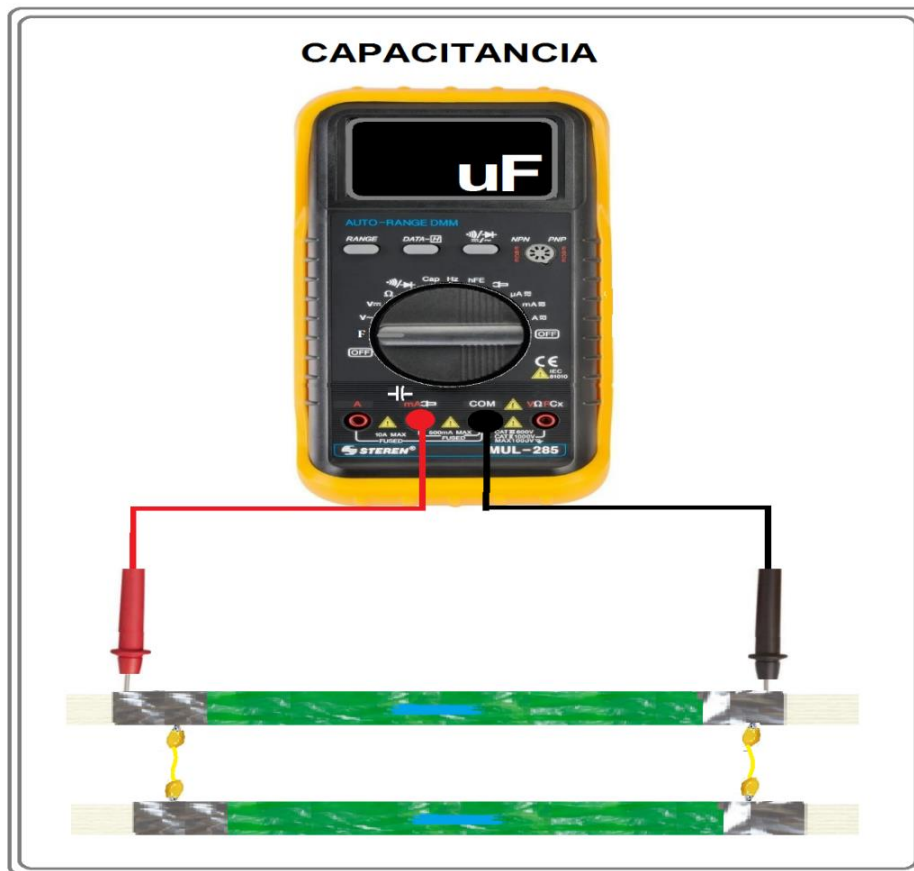


Figura 33. Medición de capacitancia en condensadores en paralelo (Diagrama propio basado en [25]).

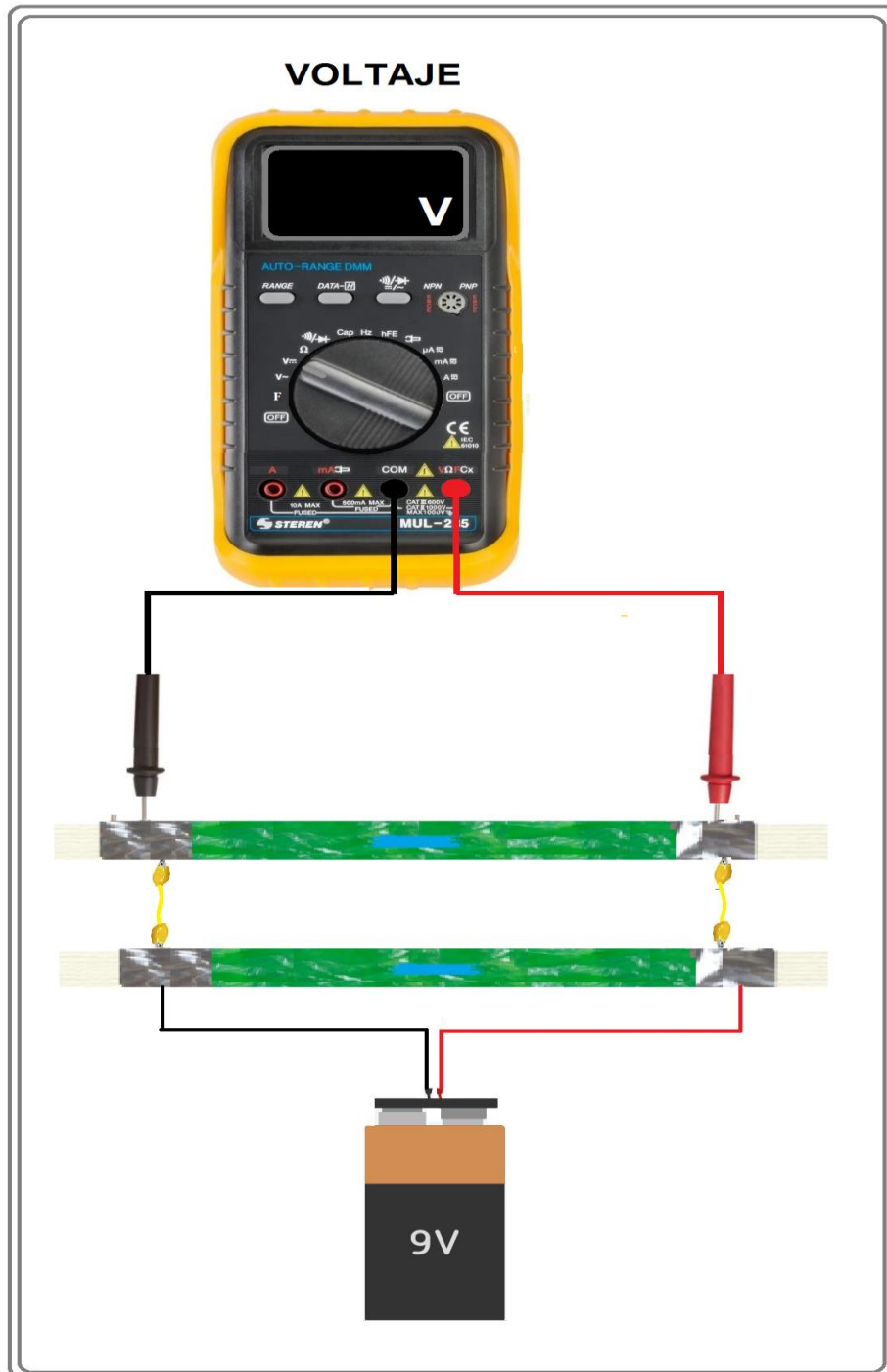
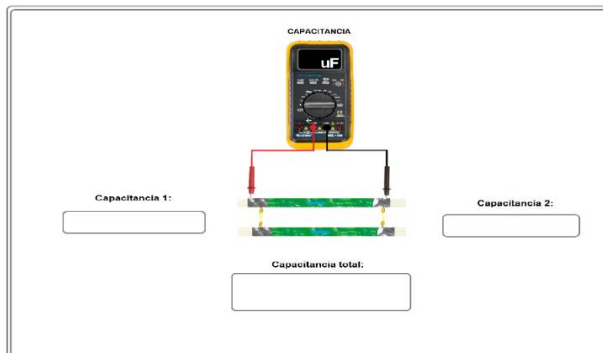


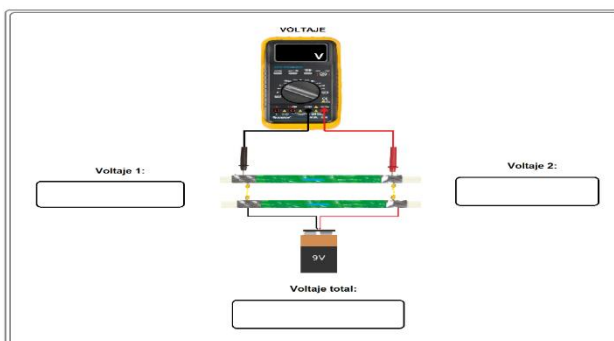
Figura 34. Medición de voltaje en condensadores en paralelo (Diagrama propio basado en [25])

## Preguntas del experimento 7.5

1. Escribe en la siguiente imagen el valor total de la capacitancia y los valores de capacitancia de cada capacitor construido y conectados en paralelo.



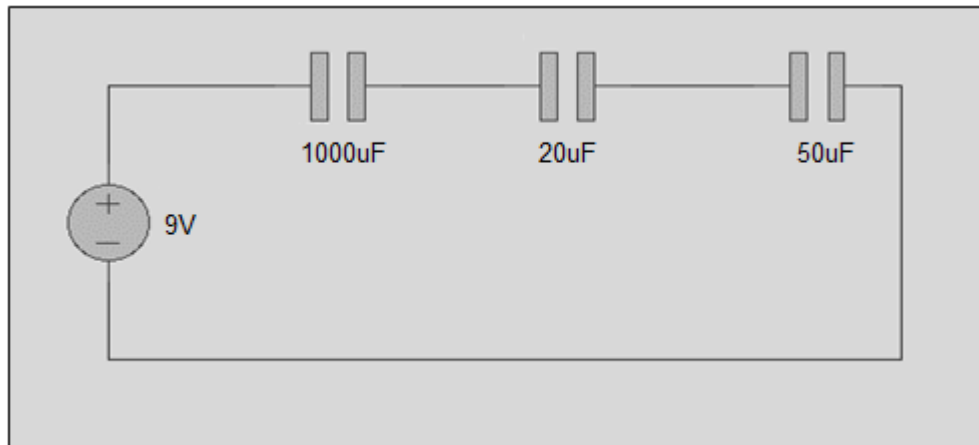
2. En la siguiente imagen escribe el voltaje total de la conexión de los dos capacitores construidos, conectados en paralelo y el voltaje de cada capacitor.



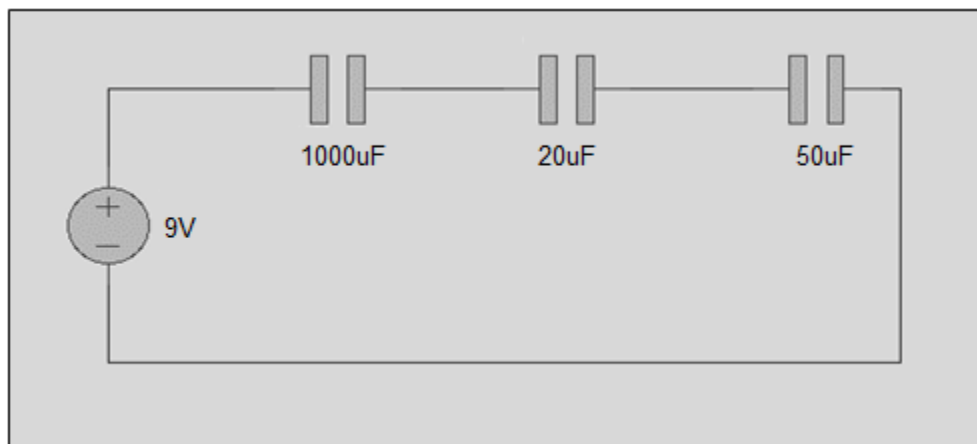
3. Establece claramente las diferencias entre el circuito en serie y el circuito en paralelo de los experimentos 7.4 y 7.5.

## Ejercicios para reflexionar

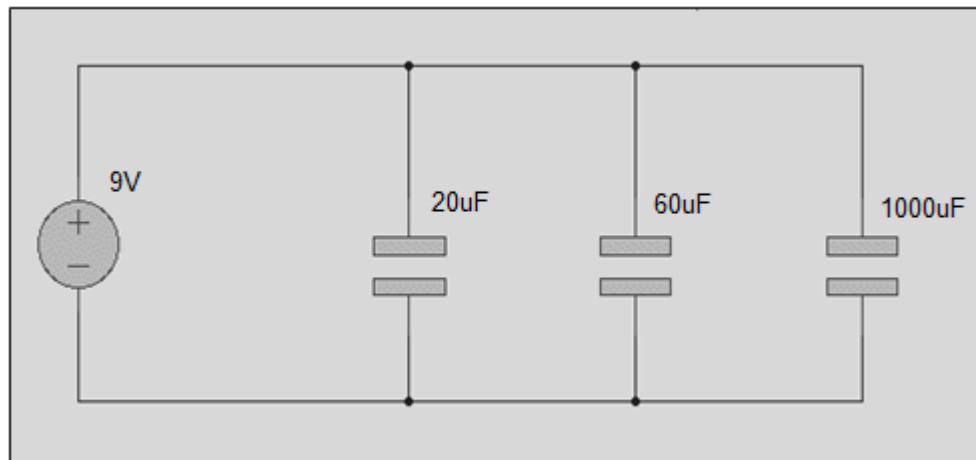
1. Dibuja con colores diferentes y menciona en la siguiente imagen cómo se comportan las cargas positivas y negativas alrededor de todo el circuito y en los capacitores conectados en serie.



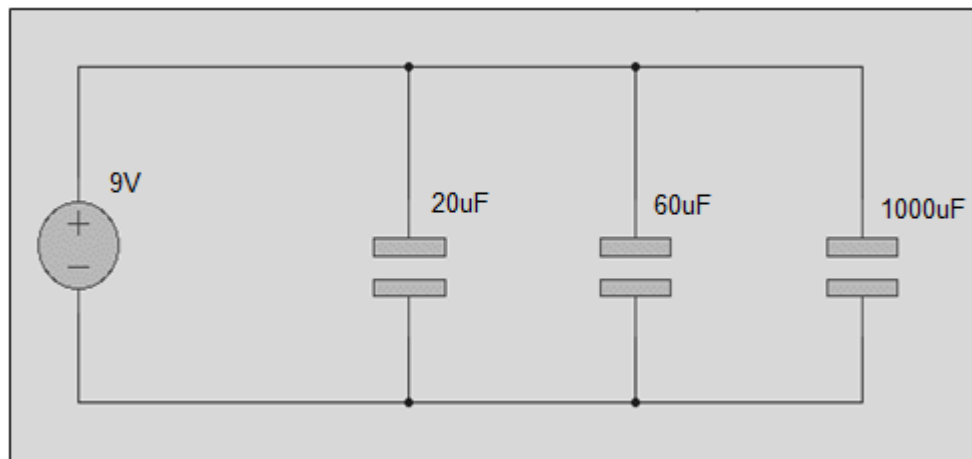
2. Dibuja e indica en la siguiente imagen cómo se transfiere el voltaje por todo el circuito y cómo se transfiere en los capacitores conectados en serie. Dibuja con colores la polaridad de cada capacitor.



3. Dibuja con colores diferentes y menciona en la siguiente imagen cómo se comportan las cargas positivas, negativas alrededor de todo el circuito y en los capacitores conectados en paralelo.



4. Dibuja e indica en la siguiente imagen cómo se transfiere el voltaje por todo el circuito, así como en los capacitores conectados en paralelo. Indica la polaridad de cada capacitor con colores diferentes.



### **Trabajo para todo el grupo en equipo**

1. Menciona una analogía del capacitor, como tú te lo imagines o alguna analogía que hayas escuchado.
  
2. Selecciona un experimento o un ejercicio de esta práctica para reflexionar con tu equipo de trabajo y explícalo con tus propias palabras ante los demás compañeros de tu clase.
  
1. Escribe tus conclusiones de cada práctica y si el profesor lo requiere entrega tu informe en equipo o individualmente.

---

## 4. RESISTENCIA, VOLTAJE Y CORRIENTE

---

La ley de Ohm indica que la cantidad de corriente que pasa por un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del circuito. Es decir, “si se duplica el voltaje, se duplica la corriente. A mayor voltaje, mayor corriente, pero si se duplica la resistencia en un circuito, la corriente se reduce a la mitad: a mayor resistencia menor corriente”. En la ecuación 5 se muestra el modelo matemático de la ley de Ohm.

$$I = \frac{V}{R} ; I [\text{ampere(A)}], V [\text{voltaje(V)}], R [\text{resistencia}(\Omega)] \quad (\text{ec. 5})$$

### Analogía de la ley de Ohm

En la figura 35c, **el voltaje (V)** está representado por la fuerza con la que sale el agua, depende de cuánto se abra la llave. **La resistencia (R)** se representa con el ancho de la manguera o la pieza de unión, por qué es la oposición que tendrá el agua al fluir. **La corriente (I)** la representa la velocidad del agua por el interior de la manguera. En la figura 35a se muestra el circuito a bloques y en la figura 35b se muestra el circuito básico en un diagrama esquemático.

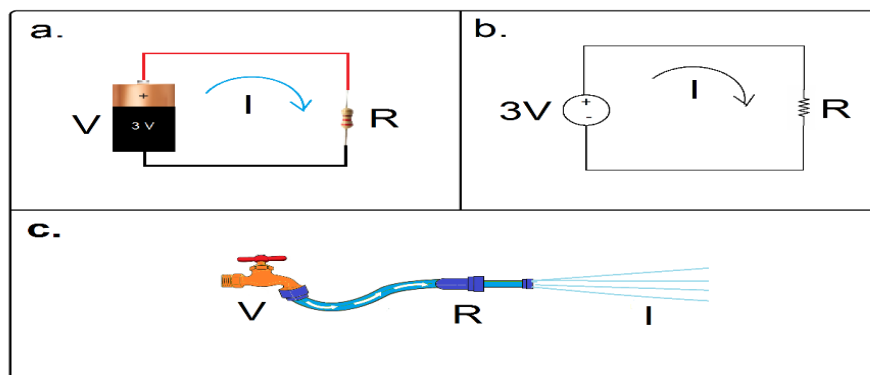


Figura 35. Ley de Ohm [28]

**El voltaje, también llamado tensión, diferencia de potencial o fuerza electromotriz**, ejerce una presión eléctrica en los electrones de un conductor, produciendo una corriente eléctrica cuando un circuito se encuentra cerrado. Su unidad de medida en el sistema internacional (SI) es **volt (V)** donde  $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ . Es decir, “se necesita 1 J de trabajo (W) para llevar una carga (Q) de 1 C a través de una diferencia de potencial de 1 volt”. En la ecuación 6 se muestra el modelo matemático de la diferencia de potencial [29] [30].

$$V_2 - V_1 = V_{12} = \frac{W}{Q} ; \left[ \frac{J}{C} \right] ; [V] \quad (\text{ec. 6})$$

**La corriente eléctrica** es la rapidez con la que circula el flujo de cargas a través de un material conductor o superficie en un tiempo (t) determinado. Así mismo, es la reacción de los electrones cuando se les aplica una diferencia de potencial. Su unidad de medida en el SI es el **ampere (A)** donde  $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ . Es decir, “1 A de corriente equivale a que 1 coulomb de carga pase a través de la superficie en 1 segundo”. En la ecuación 7 se muestra el modelo matemático de corriente eléctrica [29] [30].

$$I = \frac{Q}{t} ; \left[ \frac{C}{s} \right] [A] \quad (\text{ec. 7})$$

**La resistencia eléctrica** es la oposición o resistencia al flujo de corriente eléctrica que pasa por un conductor, depende de 4 factores: resistividad ( $\rho$ ), longitud (L), área de sección transversal (A) y temperatura. Su unidad de medida en el SI es el **Ohm ( $\Omega$ )**, donde  $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$ . Es decir “si una diferencia de potencial de 1 volt a través de un conductor produce una corriente de 1 A, la resistencia del conductor es 1  $\Omega$ ” [1][2]. En la ecuación 8 se muestra el modelo matemático de la resistencia eléctrica.

$$R = \rho \frac{L}{A} ; R [(\Omega)] \quad (\text{ec. 8})$$

## **Práctica 8. Medir resistencia**

El propósito es que el estudiante analice cómo se mide el valor de la resistencia eléctrica directamente con la tabla de valores de un resistor y con un multímetro, aplicando su conocimiento a problemas reales. Además, construir circuitos con resistores en serie, paralelo y mixtos.

### **Objetivo general**

Aprender a medir el valor de un resistor directamente con la tabla de valores comerciales y con un multímetro e identificar circuitos en serie, paralelos y mixtos con resistores.

### **Objetivos particulares**

- I. Calcular el valor de un resistor directamente con la tabla de colores y con un multímetro.
- II. Construir y medir resistores conectados en serie, paralelo y mixtos.

### **Actividad previa**

1. Ver anexo 2, uso del multímetro (óhmetro) para el resistor.
2. Ver anexo 5, tabla de colores del resistor y resistores comerciales.
3. Ver anexo 4, el funcionamiento del protoboard.
4. Indique la diferencia entre resistencia y resistor.
5. Indique 2 tipos de resistores de acuerdo a su composición física.
6. Anote las fórmulas para calcular la resistencia total de 2 resistores conectados en serie y paralelo.

### **Equipo**

- Multímetro (solicitar en el laboratorio de física).

### **Materiales**

- Protoboard
- 4 resistores de diferentes valores de tu preferencia

**¿Cómo medir el valor de un resistor usando la tabla de valores comerciales? [31]**

- Es necesario que acomodes de izquierda a derecha el resistor, con las bandas de colores en el extremo izquierdo y la tolerancia (plata o dorado) en el lado derecho ver figura 36.
- El color de la 1ra banda indica el primer dígito, el número puede ser entre 0 y 9 dependiendo de su color.
- El color de la 2da banda indica el segundo dígito, el número puede ser entre 0 y 9 dependiendo de su color.
- El color de la 3ra banda se llama multiplicador, indica la potencia con la que se multiplican las dos primeras cifras del resistor.
- La 4ta banda es la tolerancia, puede ser +/- 10% ó +/-5%, esto indica que el valor del resistor puede ser un 10% más bajo o más alto cuando se mide con multímetro, pero no crea ningún problema para el funcionamiento en el circuito y esta banda es la que está más separada de las demás, solo tiene los colores dorado y plateado, ver figura 36 a.
- Para los resistores con 5 bandas las tres primeras franjas serán los tres primeros dígitos del 0 al 9, la 4ta banda será el multiplicador y la 5ta franja será la tolerancia, ver figura 36b.

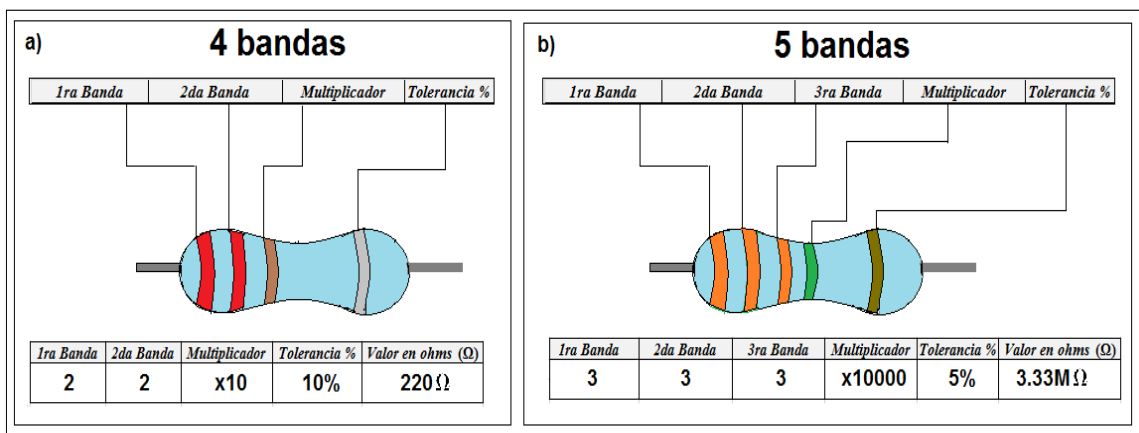
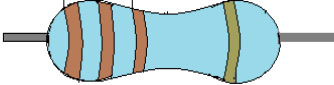
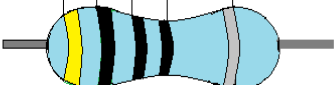



Figura 36. Ejemplo de un resistor con 4 y 5 bandas de color.


### Actividad 8.1


a. Para iniciar esta actividad debes identificar los colores de cada banda de los resistores en las imágenes siguientes. Con la ayuda de la tabla de valor nominal, anotar el valor de cada banda en los pequeños recuadros en la parte inferior de cada resistor. En el último recuadro escribe el valor de la resistencia.


1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
				
1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms ( $\Omega$ )

1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
					
1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms ( $\Omega$ )

1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
				
1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms ( $\Omega$ )

1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
					
1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms ( $\Omega$ )

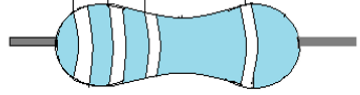
1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
				
1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms ( $\Omega$ )

1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
					
1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms ( $\Omega$ )

## Actividad 8.2

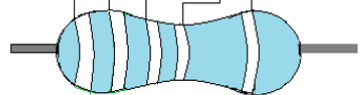
- a. De acuerdo a los valores que se muestran en las siguientes imágenes, pinta el color que le pertenece a cada banda con el apoyo de la tabla de valores del resistor e indica su valor total.

1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
3	3	x1000	5%	



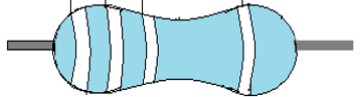
1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms (Ω)
3	3	x1000	5%	

1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
6	6	0	x100000000	10%	



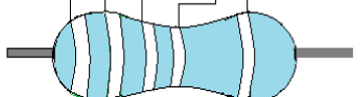
1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms (Ω)
6	6	0	x100000000	10%	

1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
7	8	x 100	10%	



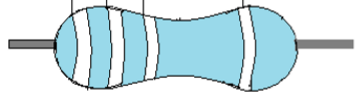
1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms (Ω)
7	8	x 100	10%	

1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
4	5	4	x1000000	5%	



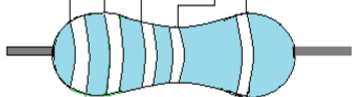
1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms (Ω)
4	5	4	x1000000	5%	

1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
1	0	x10000000	5%	



1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms (Ω)
1	0	x10000000	5%	

1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	
5	1	1	x1000000	5%	



1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms (Ω)
5	1	1	x1000000	5%	

### Actividad 8.3

- a. En el anexo 2 se describe el uso del multímetro para medir resistencia. En la figura 37 se da un ejemplo de cómo se mide la resistencia en dos resistores usando el multímetro. Se muestra la afectación de la tolerancia en el valor nominal de la resistencia. Por ejemplo, en el multímetro de la derecha se mide una resistencia de valor nominal  $2.2\text{ K}\Omega$ , pero el multímetro reporta  $2.19\text{ K}\Omega$ .

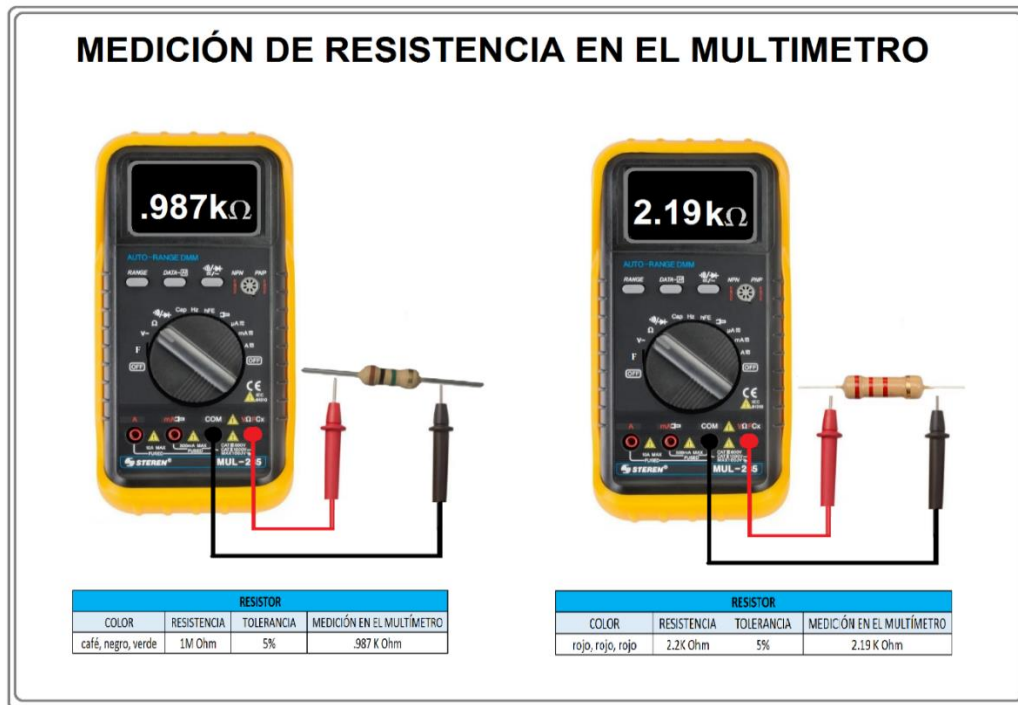
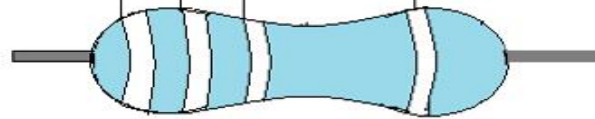


Figura 37. Ejemplos de medición de resistencia.

- b. Para iniciar esta actividad requieres 4 resistores de valores diferentes de tu preferencia.
- c. En las 4 imágenes que se muestran al final de estas instrucciones debes pintar cada banda, de acuerdo a los valores de los resistores que elegiste.
- d. Anota el valor de cada franja de acuerdo a la tabla de valor nominal o tabla de colores.
- e. Escribe el valor de cada resistor y el valor obtenido en la medición con el multímetro.

## 4 bandas

1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %
-----------	-----------	---------------	--------------



a)

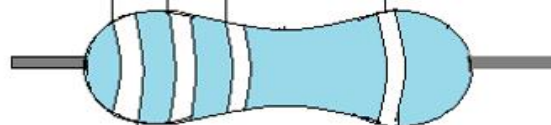
1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms ( $\Omega$ )

b)

Valor total en ohms ( $\Omega$ ) con uso del ohmetro

## 4 bandas

1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %
-----------	-----------	---------------	--------------



a)

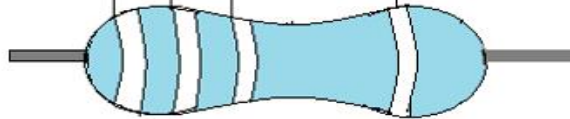
1ra Banda	2da Banda	Multiplicador	Tolerancia %	Valor en ohms ( $\Omega$ )

b)

Valor total en ohms ( $\Omega$ ) con uso del ohmetro

## 4 bandas

<i>1ra Banda</i>	<i>2da Banda</i>	<i>Multiplificador</i>	<i>Tolerancia %</i>
------------------	------------------	------------------------	---------------------



a)

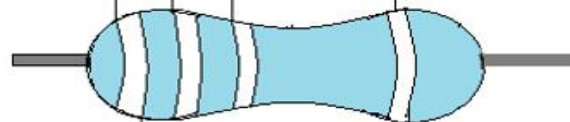
<i>1ra Banda</i>	<i>2da Banda</i>	<i>Multiplificador</i>	<i>Tolerancia %</i>	<i>Valor en ohms (<math>\Omega</math>)</i>

b)

<i>Valor total en ohms (<math>\Omega</math>) con uso del ohmetro</i>

## 4 bandas

<i>1ra Banda</i>	<i>2da Banda</i>	<i>Multiplificador</i>	<i>Tolerancia %</i>
------------------	------------------	------------------------	---------------------



a)

<i>1ra Banda</i>	<i>2da Banda</i>	<i>Multiplificador</i>	<i>Tolerancia %</i>	<i>Valor en ohms (<math>\Omega</math>)</i>

b)

<i>Valor total en ohms (<math>\Omega</math>) con uso del ohmetro</i>

### Actividad 8.4

- Circuito en serie:** En un protoboard conecta dos resistores en serie, ver figura 39a. Después mide la resistencia total con el multímetro en los puntos rojos y escribe el valor total en la figura 38a.
- Circuito en paralelo:** En el protoboard conecta dos resistores de cualquier valor en paralelo, ver figura 38b. Mide con un multímetro la resistencia total en los puntos rojos y escribe el valor total en la figura 38b.
- Circuito mixto:** En un protoboard conecta el circuito mixto de la figura 38c. Con el multímetro mide la resistencia total en los puntos rojos y escribe el valor total en la figura 38c.

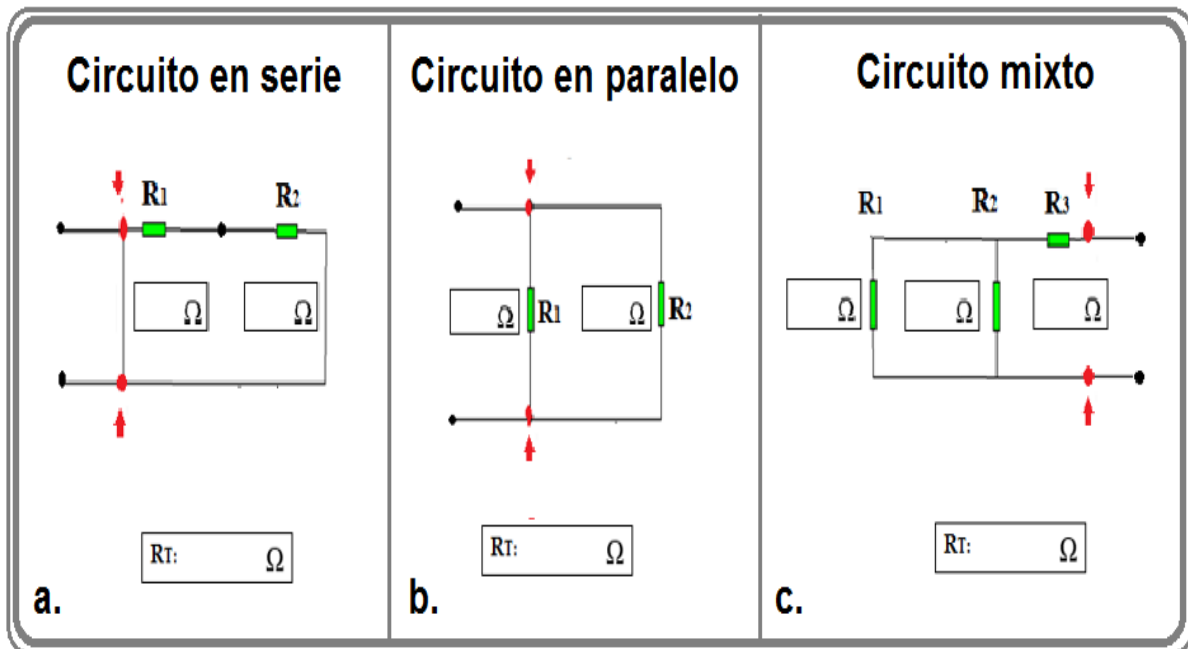


Figura 38. Circuitos en serie, paralelo y mixto sin resultados [32].

- d. Para la siguiente actividad escribe las fórmulas para calcular la resistencia de circuitos en serie y paralelo. Realiza las operaciones correspondientes para calcular el valor de cada resistor que aparece en cada circuito y anótalo en la figura 39.

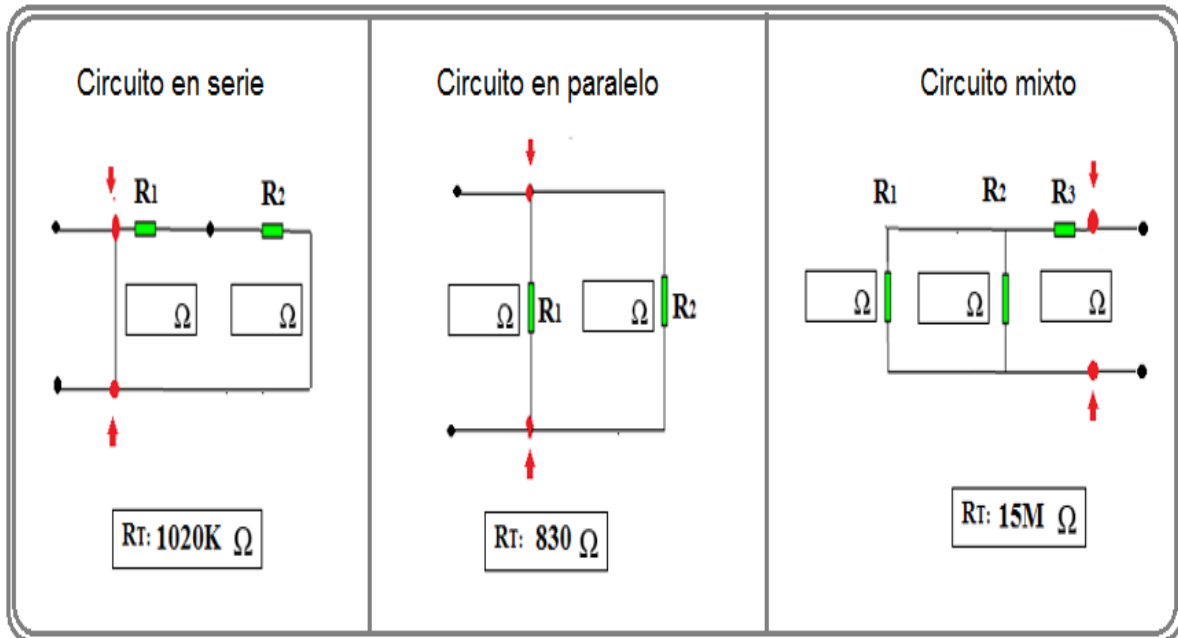


Figura 39. Circuitos en serie, paralelo y mixto [32].

## **Practica 9. Medición de voltaje y corriente**

El propósito es que el estudiante analice las diferencias al medir voltaje y corriente en circuitos conectados en serie y paralelo.

### **Objetivo general**

- Analizar por qué se mide el voltaje continuo en paralelo y la corriente continua en serie en cualquier circuito.

### **Objetivos particulares**

- I. Analizar diseños de circuitos en serie y paralelo con resistores con corriente directa.
- II. Realizar mediciones de corriente y voltaje con el multímetro.

### **Actividad previa**

1. Revisar anexo 4, el funcionamiento del protoboard
2. Revisar anexo 6, medición de corriente y voltaje en el multímetro.

### **Cuestionario previo**

- ¿Qué unidad de medida SI tiene el voltaje y la corriente?
- ¿Para qué se ocupa la ley de Ohm?

### **Equipo**

- Multímetro (pedirlo en el laboratorio)
- Pila 9 V

### **Materiales**

- Protoboard
- Cable UTP
- Pinzas de corte para cable o cortaúñas
- Resistores (220  $\Omega$ , 330  $\Omega$ , 10 k  $\Omega$ )

## ¿Cómo medir voltaje en circuitos con resistores en paralelo y en serie?

- Conecta el multímetro en paralelo con el dispositivo del que medirás voltaje, aunque se encuentre conectado a un diseño de resistores en serie o paralelo, ver figura 40 y 41 que muestra el diagrama esquemático y la conexión en un protoboard.

Nota: Cuando mides voltaje, corriente o resistencia en el multímetro te puede mostrar un valor exacto o un valor aproximado.

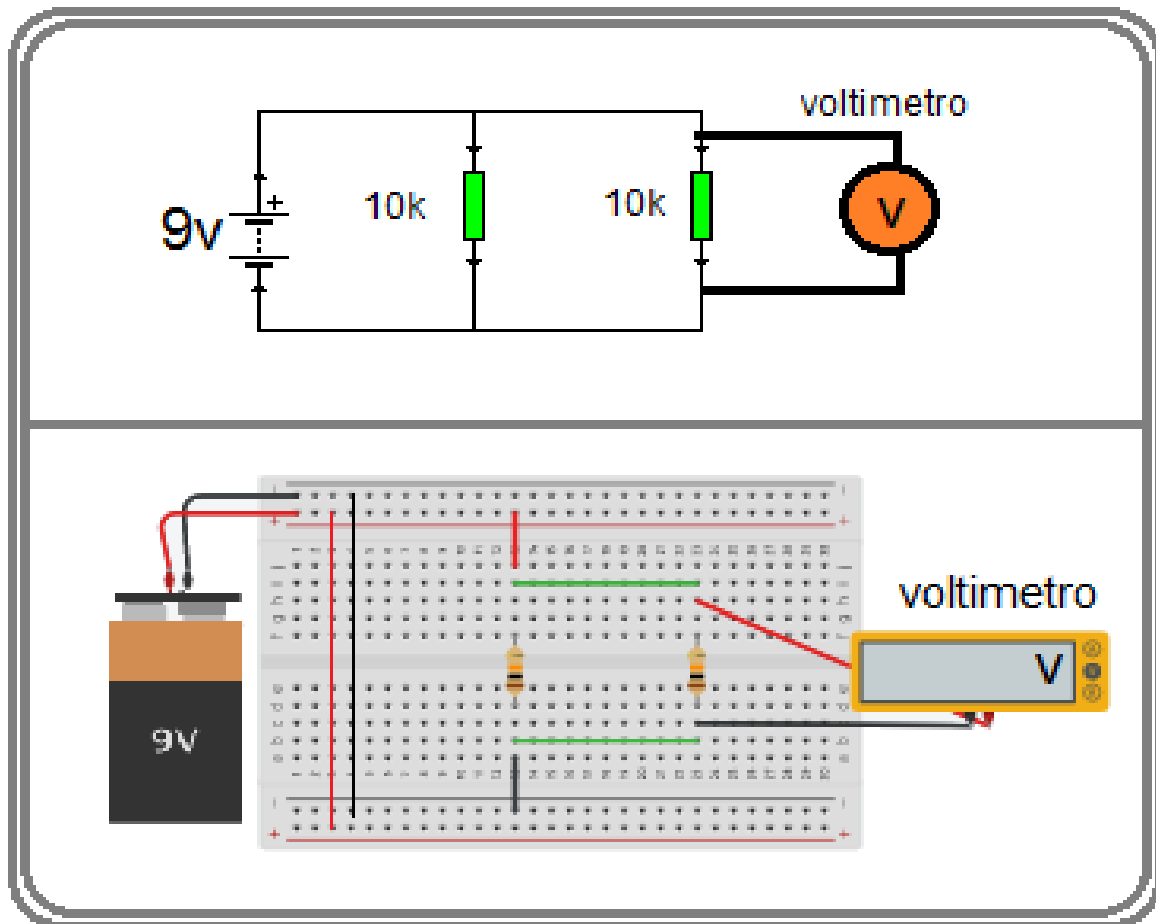


Figura 40. Medición de voltaje en un circuito con resistores conectados en paralelo [33].

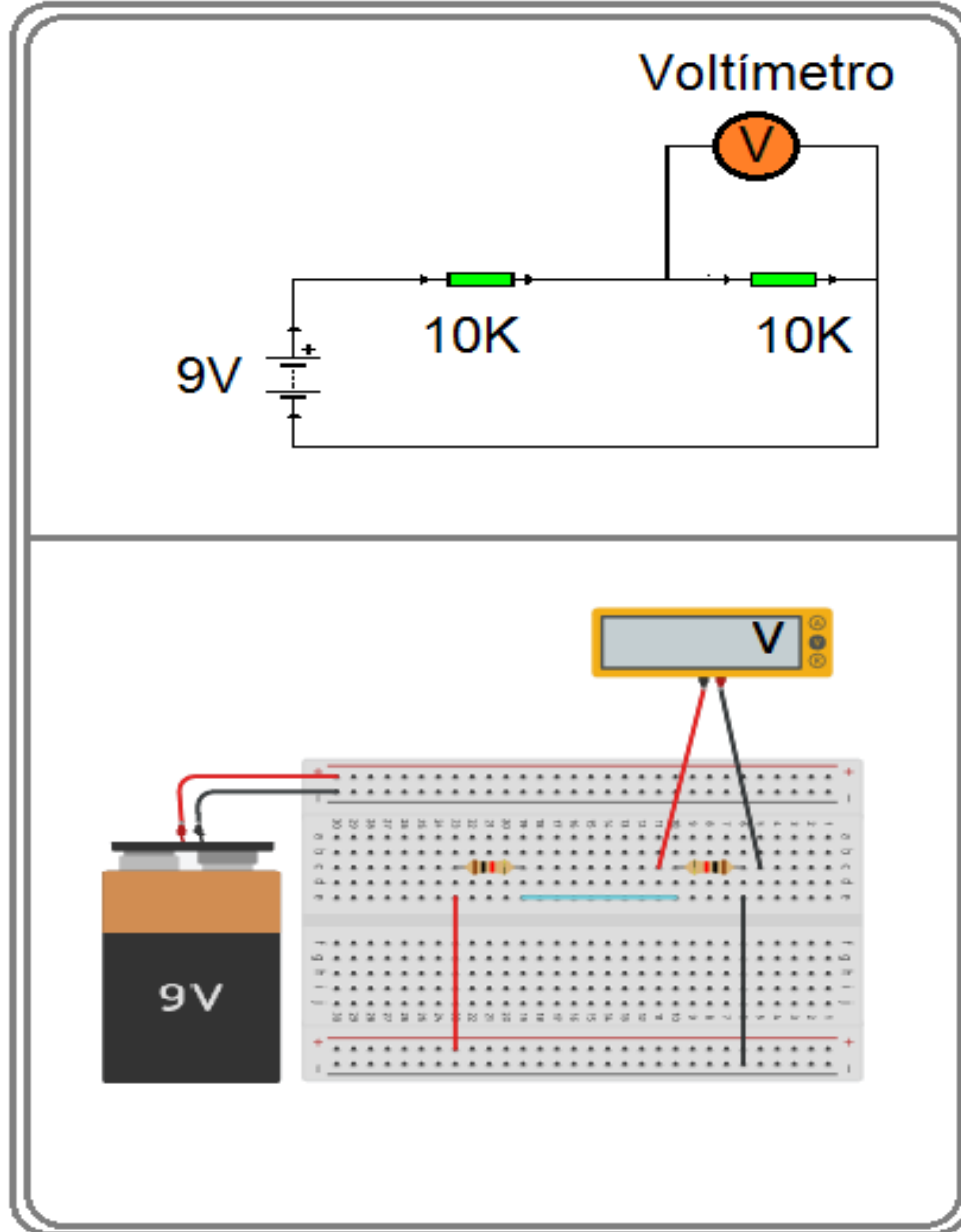


Figura 41. Medición de voltaje en un circuito con resistores conectados en serie [33].

## ¿Cómo medir corriente en circuitos con resistores en serie o paralelo?

- Conecta el multímetro en serie con el dispositivo al que quieras medir la corriente, aunque se encuentre conectado a un diseño de resistores en serie o paralelo, es decir, se tiene que abrir el circuito para introducir el multímetro y quede conectado en serie al dispositivo que se va a medir ver figura 42 y 43.

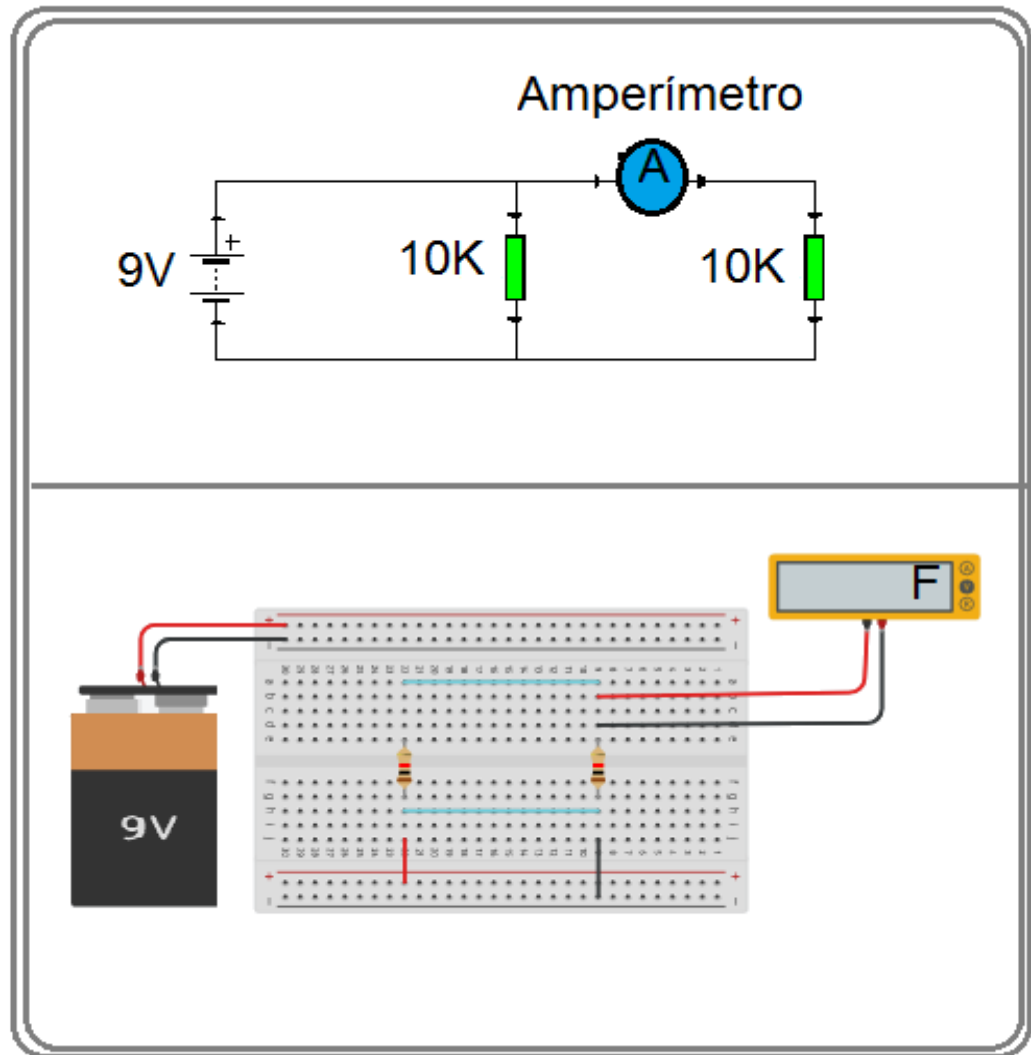


Figura 42. Medición de corriente en un circuito con resistores en paralelo [33].

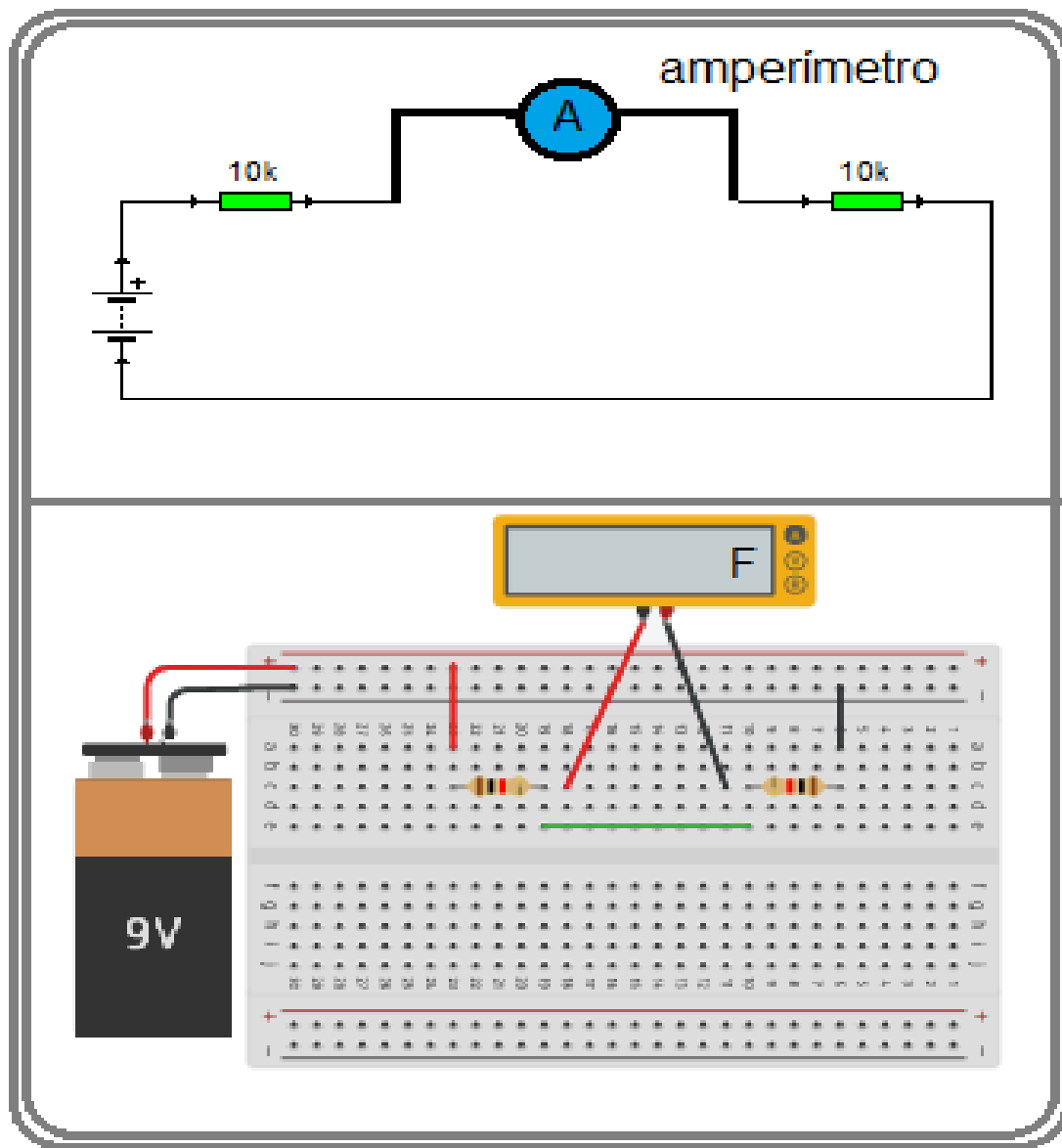


Figura 43. Medición de corriente en un circuito con resistores en serie [33].

### Actividad 9.1 Circuitos en paralelo

- a. Construye en el protoboard un circuito en paralelo con 2 resistores con los valores que muestra la figura 44.
- Después **mide el voltaje en el circuito en paralelo** con el multímetro en cada resistor y en los lugares que se muestra el voltímetro en la figura 45, anota y analiza las diferencias de los datos que obtuviste.
- Ahora **mide la corriente en el circuito en paralelo** con el multímetro en cada lugar que muestra la figura 45, anota y analiza las diferencias de los datos que obtuviste.

**Nota:** recuerda que para medir corriente se abre el circuito, se conecta en serie el multímetro al dispositivo que se va a medir la corriente.

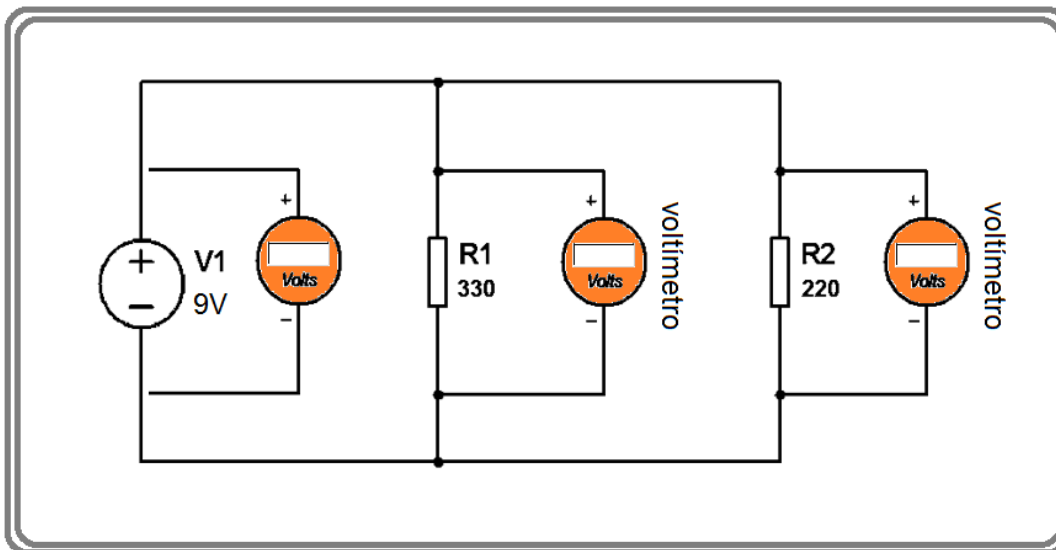


Figura 44. Medición de voltaje en un circuito en paralelo [34].

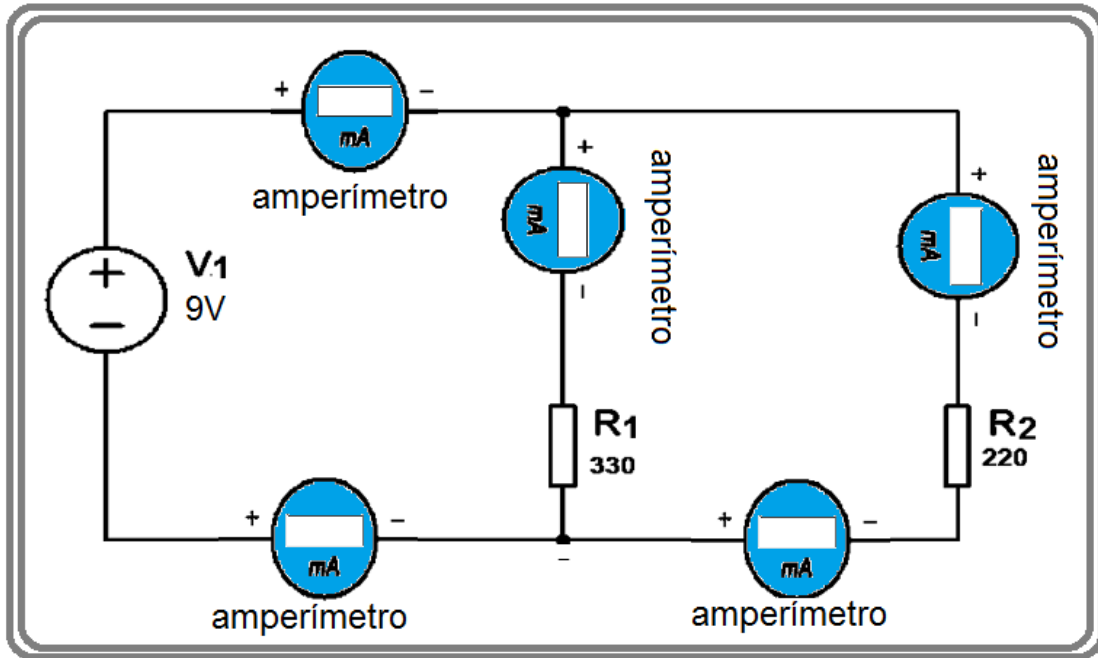


Figura 45. Medición de corriente en un circuito en paralelo [34].

## Actividad 9.2 Circuito en serie

- Construye en el protoboard un circuito en serie con 2 resistores con los valores que muestra la figura 46.
- Después **mide el voltaje** con el multímetro en cada lugar que muestre la figura 46, anota y analiza las diferencias de los datos obtenidos.
- Ahora **mide la corriente** en cada lugar que muestre la figura 47, anota y analiza las diferencias de los datos obtenidos.

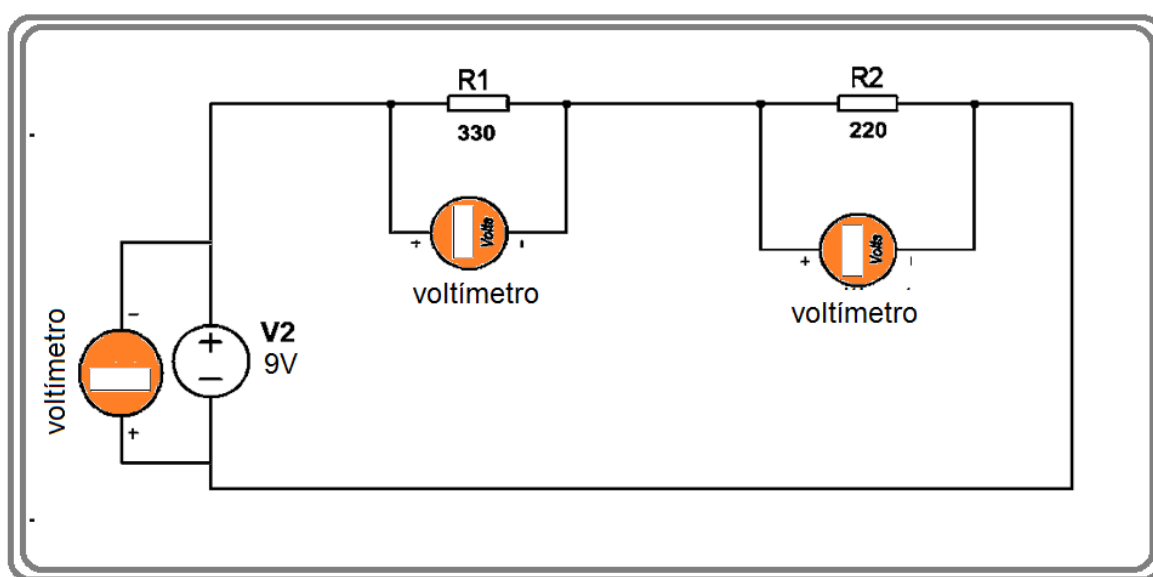


Figura 46. Medición de voltaje en un circuito en serie [34].

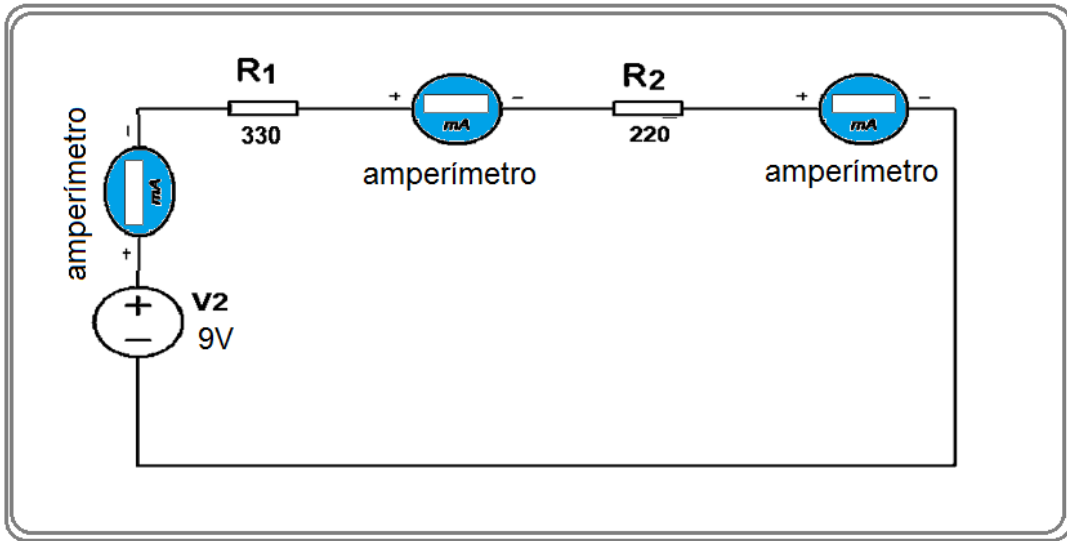


Figura 47. Medición de corriente en serie en un circuito en serie [34].

## **Práctica 10. Circuito básico**

El propósito es que el estudiante aprenda a realizar la simulación de la conexión de un circuito básico antes de realizar la conexión físicamente.

### **Objetivo general**

- El propósito es que el estudiante conecte un circuito básico con un foco, una pila y un cable. Además, que comprenda la ley de Ohm con base en la conexión de circuitos que motive la reflexión del estudiante.

### **Objetivos particulares**

- I. Analizar cómo se logra cerrar un circuito básico con una pila, un foco y un cable
- II. Entender ley de Ohm.

### **Actividad previa**

1. La actividad se puede realizar previo en casa o en las computadoras del laboratorio.
2. ¿Qué es un circuito?
3. ¿Cuál es la diferencia entre corriente alterna y directa?

### **Material**

- 1 pila AAA o AA.
- 2 clip o alambre
- 1 foco pequeño de corriente continua.

## Actividad 10.1 Simular 4 circuitos básicos con pila y un foco en el simulador de Phet

Existen 4 formas diferentes para que conectes un foco a una pila, por ello debes ingresar al simulador Phet para descubrirlo por medio de la simulación.

- Ingresa a la siguiente página Phet, [https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_en.html) en el lado izquierdo del simulador, te muestra los materiales que se van ocupar, elige 4 pilas, cuatro focos y los unes con el cable que se encuentra dentro de las mismas opciones. La simulación debe mostrar cada foco conectado a su pila y el foco encendido, copia y pega la imagen cuando estén correctos los circuitos y anexa la imagen impresa al final la práctica.

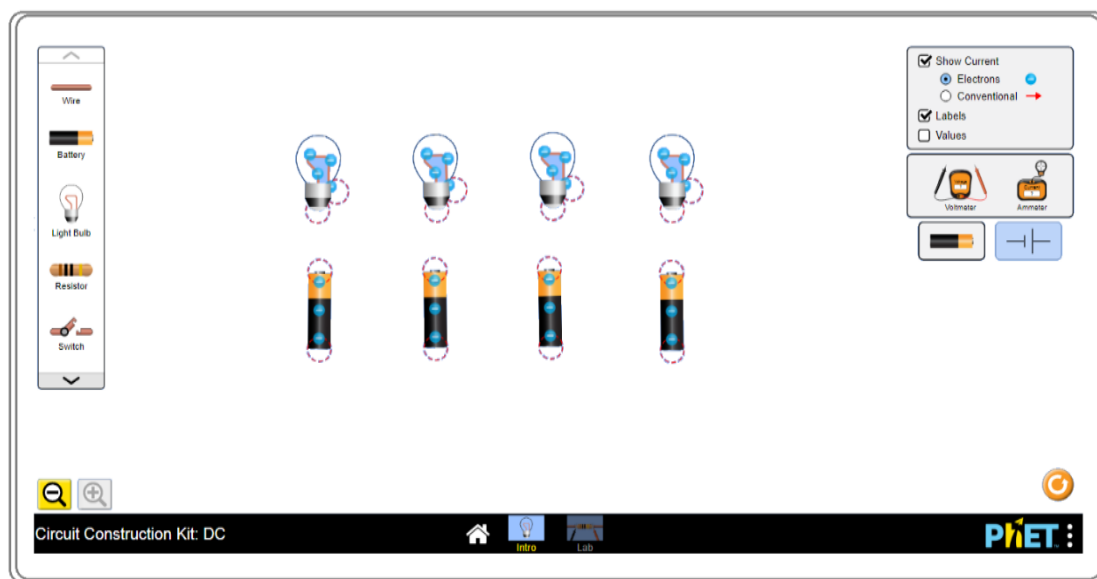


Figura 48. Cuatro conexiones de un circuito básico en el simulador Phet [64].

- b. Para comprobar lo que simulaste anteriormente conecta físicamente las cuatro conexiones con la pila, el foco y realiza las 4 conexiones que obtuviste en el simulador Phet ver figura 49.

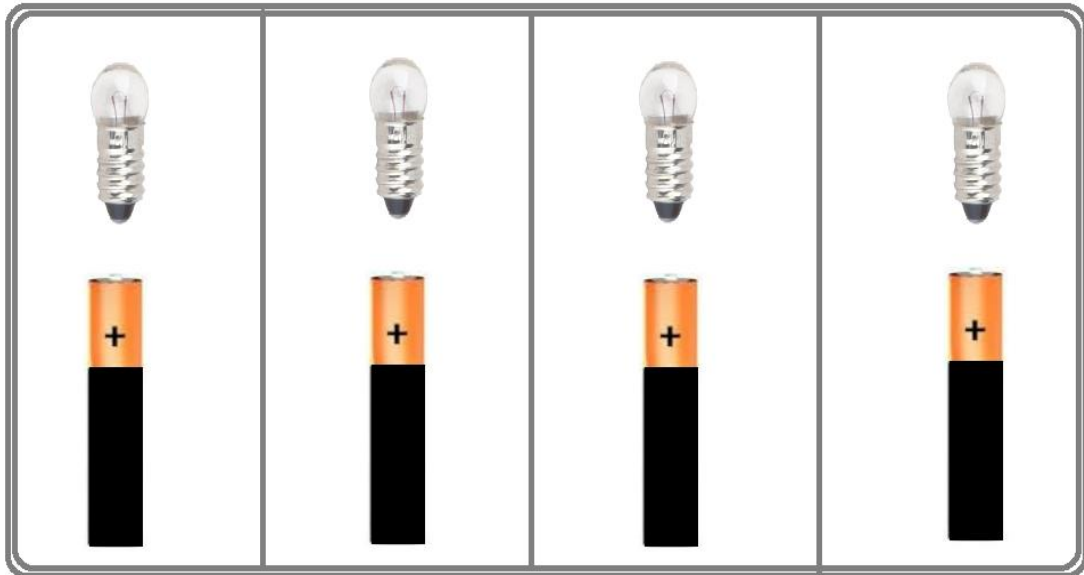


Figura 49. Cuatro conexiones de un circuito básico físicamente (imagen propia).

## **Práctica 11. Reflexiones sobre los circuitos eléctricos**

El propósito es que el estudiante reflexione sobre el funcionamiento del voltaje, resistencia y un diodo LED en circuitos básicos.

### **Objetivo general**

- Reflexionar sobre la función del voltaje, resistencia y el led en varios circuitos.

### **Objetivos particulares**

- I. Analizar la función del voltaje y la resistencia en un circuito
- II. Reflexionar sobre la ley de Ohm.

### **Cuestionario previo**

1. Indica la ley de Ohm
2. ¿Para qué sirve la ley de Ohm?
3. ¿Qué es voltaje?
4. ¿Qué es corriente?
5. ¿Qué es resistencia?

### **Materiales**

- e. ninguno

### Actividad 11.1 Reflexión sobre la conexión de circuitos

- Reflexiona y analiza sobre cada uno de los circuitos de la figura 50 e indica, por qué en los siguientes circuitos el led tiene mucha luminiscencia, tiene muy poca luminiscencia, se quema, o no enciende el led.
- Anota las observaciones y las diferencias que observaste en cada circuito en la sección de preguntas, debes incluir cómo afecta la resistencia al voltaje del circuito considerando que el voltaje del diodo es de 1.9 V.

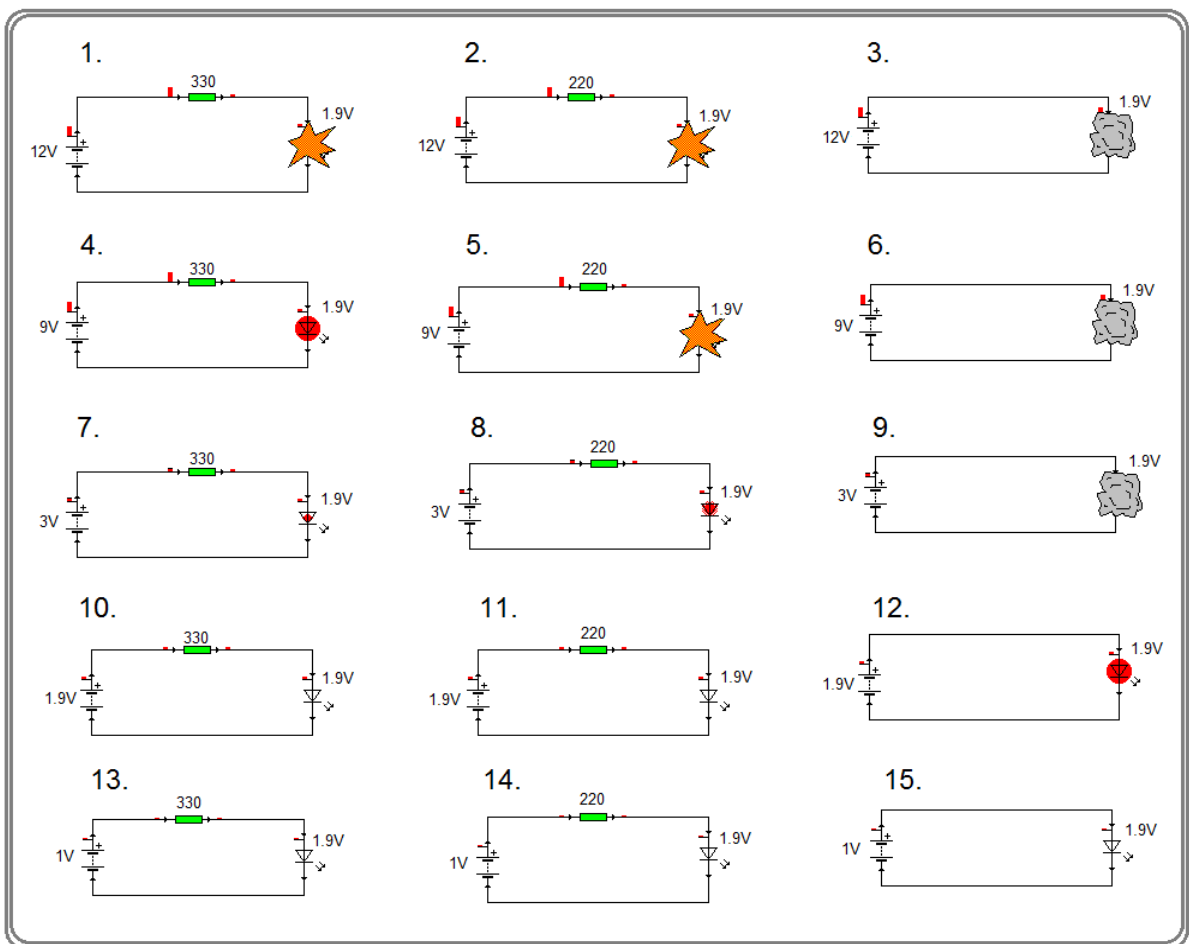


Figura 50. Conexiones de circuitos básicos.

**Indica tus observaciones de cada uno de los circuitos.**

- Circuito 1:
- Circuito 2:
- Circuito 3:
- Circuito 4:
- Circuito 5:
- Circuito 6:
- Circuito 7:
- Circuito 8:
- Circuito 9:
- Circuito 10:
- Circuito 11:
- Circuito 12:
- Circuito 13:
- Circuito 14:
- Circuito 15:

## **Trabajo para todo el grupo en equipo**

1. Menciona una analogía de la ley de Ohm, como tú te la imagines o alguna que hayas escuchado.
2. Selecciona una actividad con tu equipo de trabajo y explícalo con tus propias palabras ante tus demás compañeros de tu clase.
3. Escribe tus conclusiones de cada actividad y si el profesor lo requiere entrega el informe en equipo o individualmente.

---

## 5. EL MAGNETISMO, LAS FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO, LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA

---

El campo magnético es el espacio que rodea a un imán. Las líneas de campo magnético revelan la forma que tiene el campo magnético.

La fuerza magnética se crea cuando dos imanes la ejercen entre ellos, se rechazan si los polos son iguales, se atraen si los polos son diferentes y su interacción depende de la distancia que los separa.

Los polos magnéticos generan fuerzas magnéticas. Todo imán tiene un polo norte y un polo sur en sus extremos, son dipolares, es decir, que siempre un imán tendrá un polo norte y un polo sur: no se pueden separar.

La brújula es un imán y se dice que su polo norte apunta al polo norte geométrico de la tierra, en realidad es un polo sur magnético que atrae el polo norte de una brújula, recordar que los polos opuestos se atraen y en realidad la brújula apunta hacia el polo sur [35].

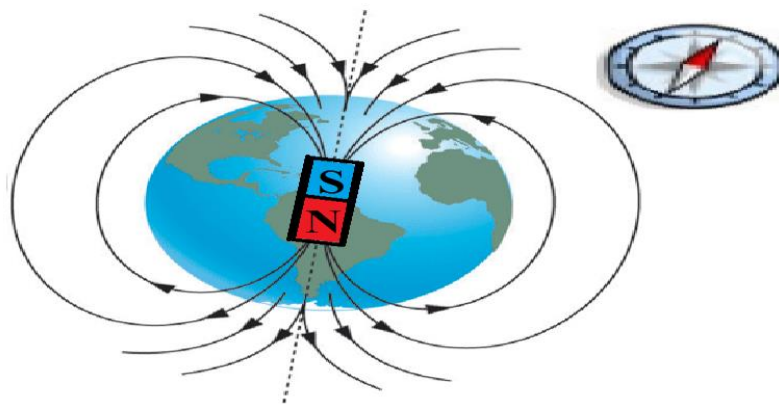


Figura 51. Campo magnético de la tierra. [36]

## Aplicación del magnetismo en la vida cotidiana en equipos con resonancia magnética

La **resonancia magnética** [37] es un examen imagenológico que funciona por un fenómeno magnético mediante el cual los átomos absorben o emiten energía al ser excitados por señales de radiofrecuencia si están en el interior de un campo magnético intenso. De esta forma, se pueden crear imágenes del interior del cuerpo más detalladas. Para ello se sitúa al paciente en la camilla con las bobinas receptoras y se introduce dentro del aparato. Después las bobinas principales crean un campo magnético en el interior del tubo donde se forman los núcleos de alta energía, por qué las moléculas de agua del cuerpo del paciente están formadas por átomos de hidrógeno. En el campo magnético los átomos de hidrogeno adquieren energía y emiten esa señal en forma de ondas que son recogidas por las bobinas receptoras, ver figura 52.

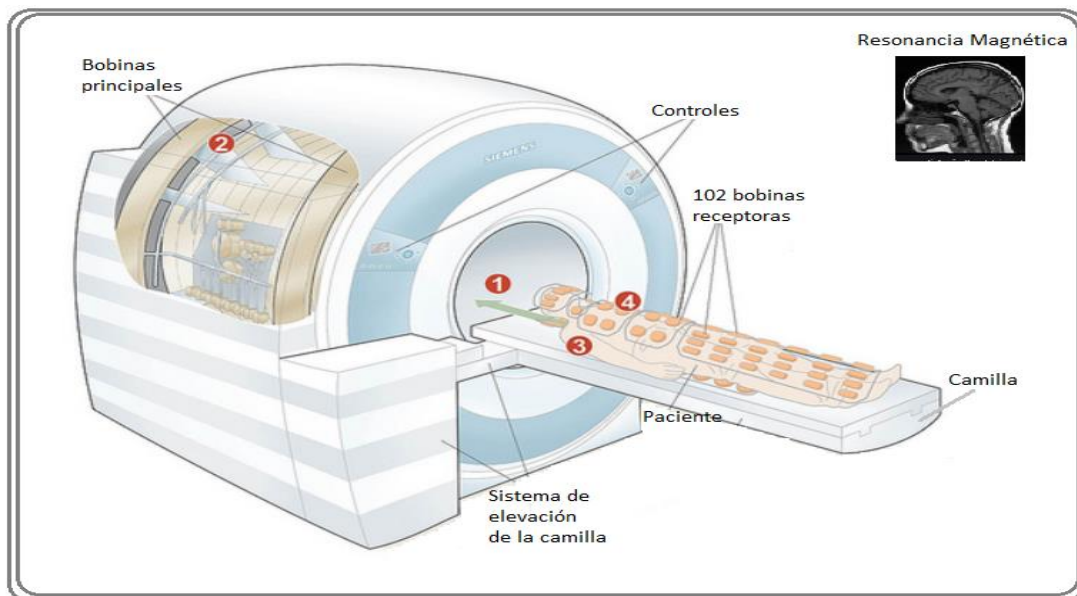


Figura 52. Aplicación del campo magnético, equipo de resonancia magnética [37]

## Tipo de imanes

El imán es un objeto que posee una carga magnética que le permite atraer objetos ferro magnéticos.

Los imanes naturales son: la magnetita, el óxido de hierro, y la tierra el imán natural más grande.

Los imanes temporales solo se comportan como imanes debido a una inducción electromagnética creado por otro imán natural o temporal [38].

## Experimento de Oersted (Ley de Biot Savat)

Oersted descubrió que, al pasar una corriente eléctrica por un cable conductor, la brújula se movía orientándose perpendicularmente con la corriente, ver figura 53.

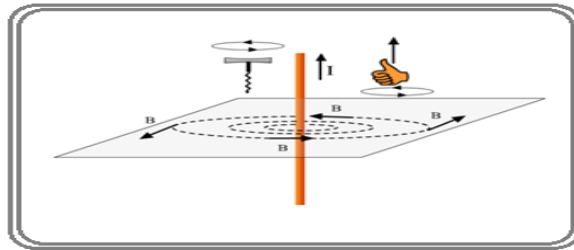


Figura 53. Experimento de Oersted

El valor del campo magnético  $\hat{B}$  es creado por una corriente  $I$  y es perpendicular a la dirección que radia el hilo, en un punto situado a una distancia  $R$  y es proporcional a la permeabilidad del espacio libre  $\mu$ . La magnitud de  $B$  depende de  $1/R$ , es decir el espaciado de las líneas de campo aumenta con la distancia. En la ecuación 9 se muestra el modelo matemático de la ley de Biot Savat.

$$\hat{B} = \frac{\mu}{2\pi R} I ; \quad [T] \quad (\text{ec. 9})$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

## La fuerza magnética

La fuerza magnética  $\vec{F}$  es perpendicular al campo magnético  $\vec{B}$  y actúa cuando las partículas cargadas  $q\vec{v}$ , se encuentran en movimiento y la fuerza se asocia a un campo magnético estacionario no realiza trabajo cuando una partícula se desplaza.  $\vec{F}$  es perpendicular al plano de los vectores  $\vec{v}$  y  $\vec{B}$ . En la ecuación 10 se muestra el modelo matemático de la fuerza magnética [39]

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (\text{N}) \quad (\text{ec. 10})$$

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

## Regla de la mano derecha

Sirve para determinar la dirección de la fuerza magnética  $\vec{F}$  que actúa sobre una carga  $q$  que se mueve con una velocidad  $\vec{v}$  en un campo magnético  $\vec{B}$ . Si la carga  $q$  es positiva, la fuerza magnética  $\vec{F}$  queda señalando hacia arriba en la dirección del pulgar; si la carga  $q$  es negativa, la fuerza  $\vec{F}$  señala hacia abajo, ver figura 54, [40].

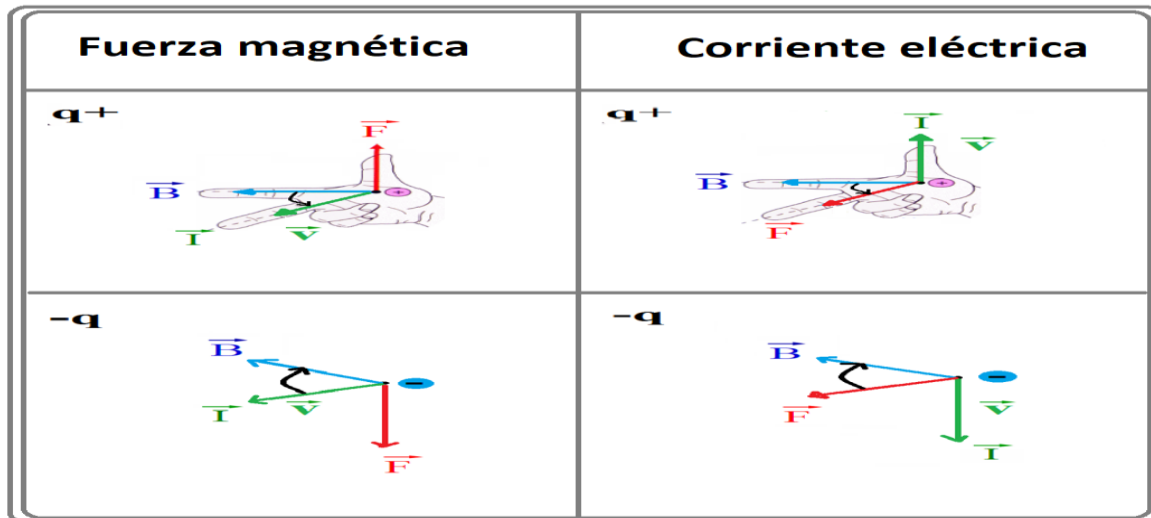


Figura 54. Regla de la mano derecha. Diagrama propio basado en [41]

## Intensidad de un campo magnético originado por un electroimán [42]

Si se forma una espira con un alambre, las líneas de campo magnético se enlazan en el interior de la bobina y por cada espira que se superpone, la concentración de las líneas de campo magnético será mucho mayor, por lo tanto, aumenta la intensidad de campo con muchas más espiras.

Si se introduce un trozo de hierro en el interior de una bobina que transporta corriente, el campo magnético induce a los dominios magnéticos del hierro a alinearse. Por lo tanto, incrementa mucho más la intensidad del campo magnético y tenemos un electroimán, ver figura 55

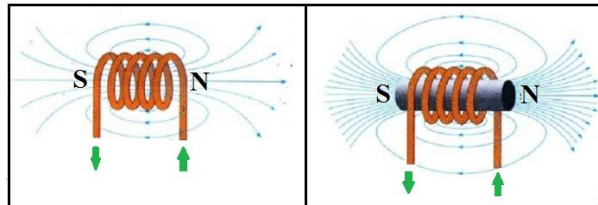


Figura 55. Electroimán [43]

## Inducción electromagnética (Ley de Faraday) [44]

Faraday y Henry descubrieron que se genera corriente eléctrica en un alambre, con el simple movimiento de meter y sacar un imán dentro de una bobina, descubrieron que el movimiento relativo de un alambre y un campo magnético inducen voltaje. La producción de voltaje solo depende del movimiento relativo del conductor y el campo magnético [45]

Si el circuito es una bobina que tiene  $N$  espiras, con la misma área y si  $\phi_B$  es el flujo a través de una espira, se induce una fem en cada espira, por lo tanto, la fem total inducida en la bobina está dada por la siguiente ecuación.

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt} \quad (\text{V}) \quad (\text{ec 11})$$

La magnitud del voltaje inducido depende del ritmo con el que se introduce el imán dentro de la bobina y corta las líneas de campo magnético. En la figura 56 se observa cómo se induce el voltaje con el movimiento y las espiras de las bobinas.

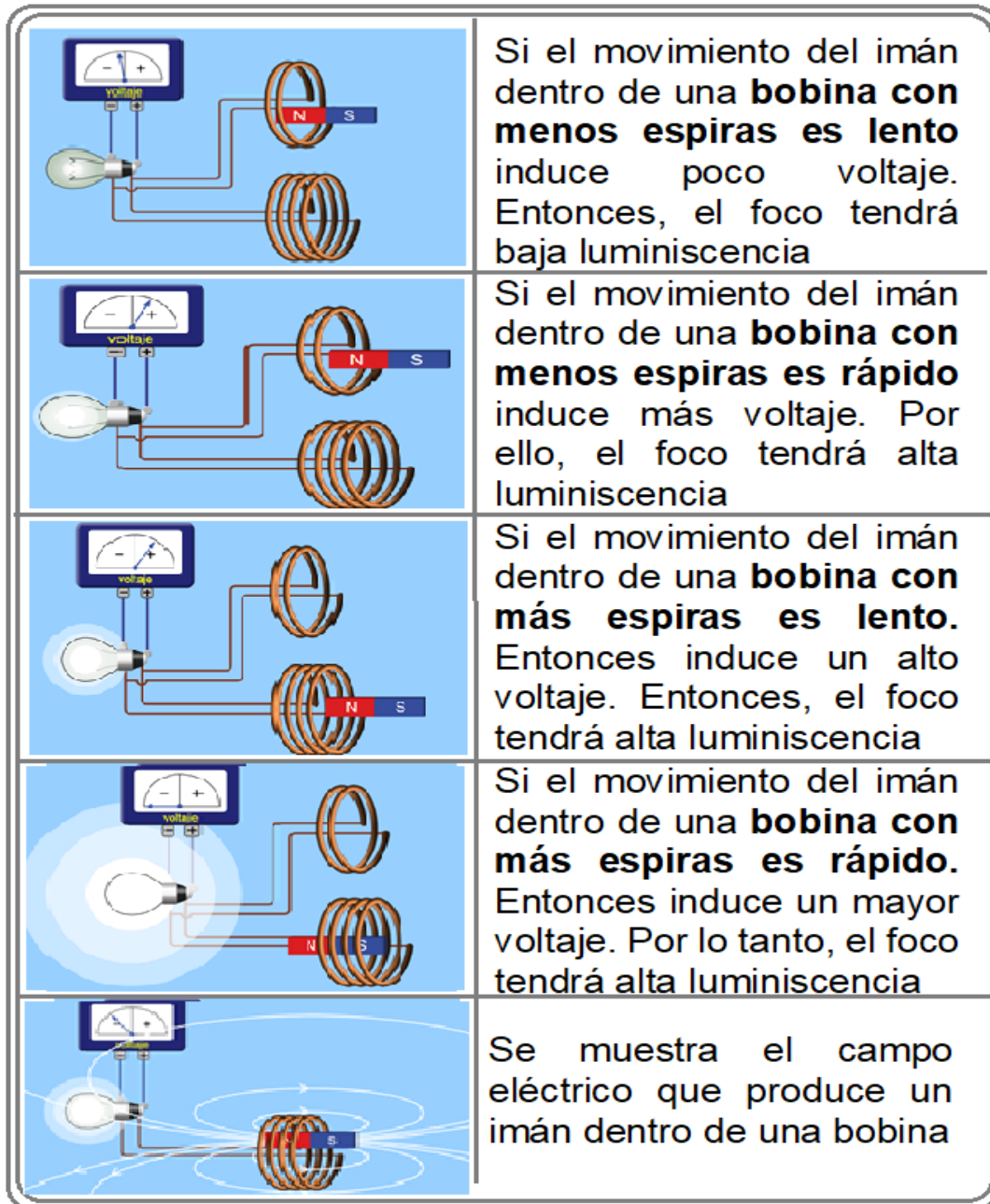


Figura 56. Simulación en Phet de inducción electromagnética [46]

## **Práctica 12. Polos electromagnéticos**

El propósito es que el estudiante comprenda cómo se comportan los polos electromagnéticos, cuando son de signos iguales o signos diferentes y cómo se forman las líneas de un campo magnético en brújulas alrededor de un imán.

### **Objetivo general**

Conocer cómo funciona la fuerza magnética de los imanes, cómo se forman las líneas de campo magnético alrededor de un imán.

### **Objetivos particulares**

- I. Analizar cómo se genera la fuerza magnética entre imanes.
- II. Demostrar experimentalmente las líneas de campo magnético por medio de brújulas y un imán.
- III. Probar cómo se comportan las brújulas cerca de un imán.

### **Actividad Previa**

1. ¿Qué es campo magnético?
2. ¿Cómo funciona una brújula?
3. Mencione 3 diferentes tipos de imanes.
4. Mencione las diferencias entre campo eléctrico y campo magnético.
5. Indica que pasa entre los imanes que tienen polos opuestos y polos iguales

### **Materiales**

- Imanes de preferencia de neodimio, imanes de barra o de una bocina.
- 14 brújulas (se piden en el laboratorio de física).

## Actividad 12.1 Fuerza magnética entre imanes

En la siguiente actividad tienes que analizar el comportamiento de la fuerza magnética en un campo magnético producido entre imanes.

- Acercas una brújula alrededor de cada imán para identificar su polo norte y polo sur, después ponle una marca para identificar donde se encuentra el sur y el norte (recuerda la pregunta 5 de la actividad previa).
- Una vez identificados los polos del imán, aproxima los imanes como lo indica la figura 57 y comprueba la reacción de cada uno de ellos.
- Contesta las preguntas al final de las actividades.

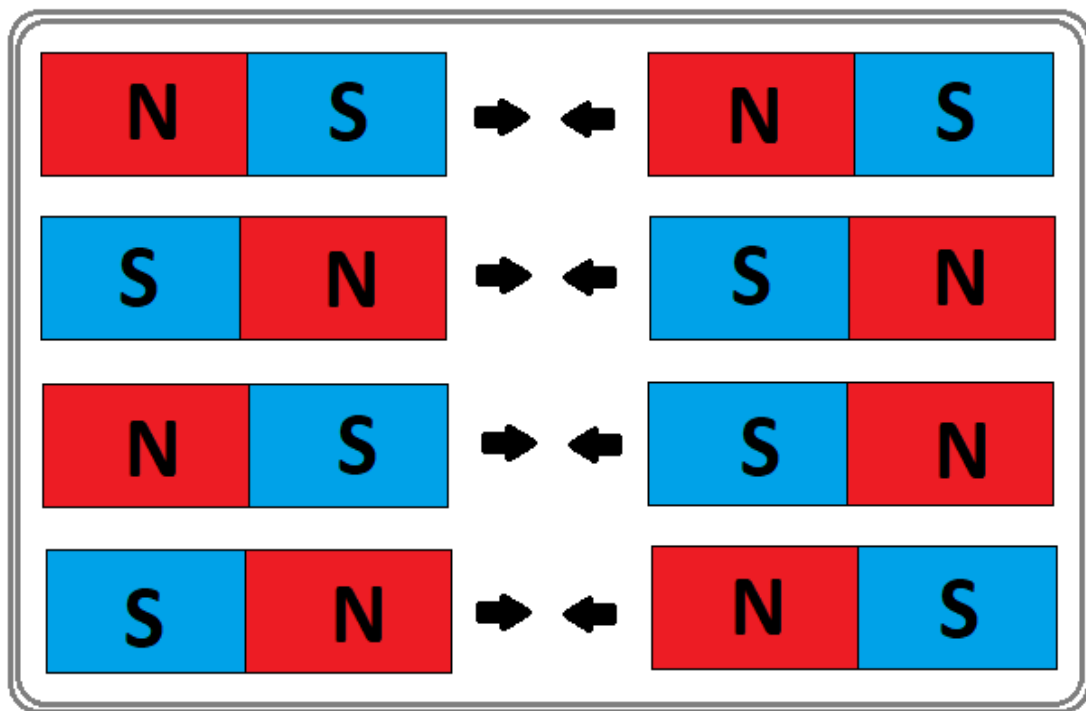


Figura 57. Atracción o repulsión de polos magnéticos (Diagrama propio)

## Preguntas de la actividad 12.1.

1. Menciona si los imanes son unipolares o dipolares y ¿por qué?
2. Indica que sucedió cuando acercaste los dos imanes de la siguiente manera:
  - Polo norte y polo sur:
  - Polo sur y polo norte:
  - Polo norte con polo norte:
  - Polo sur con polo sur:
3. Menciona si el comportamiento de los polos magnéticos se parece al de las cargas eléctricas.
4. ¿El polo norte puede existir sin un polo sur?
5. ¿Qué tienen en común las cargas eléctricas y los polos magnéticos?

## Actividad 12.2 Líneas de campo magnético

El objetivo de la siguiente actividad es visualizar cómo se forma el campo magnético por medio de brújulas alrededor de un imán.

- Coloca 14 brújulas sobre la mesa ver figura 58.
- Revisa que todas las brújulas apunten al hacia el norte.
- Posteriormente coloca un imán preferentemente de neodimio en medio de las brújulas, ver figura 58a.
- Observa cómo se sitúan las agujas de las brújulas, formando el campo magnético.
- Intercambia el polo del imán y observa el cambio de las agujas en las brújulas ver figura 58 b.

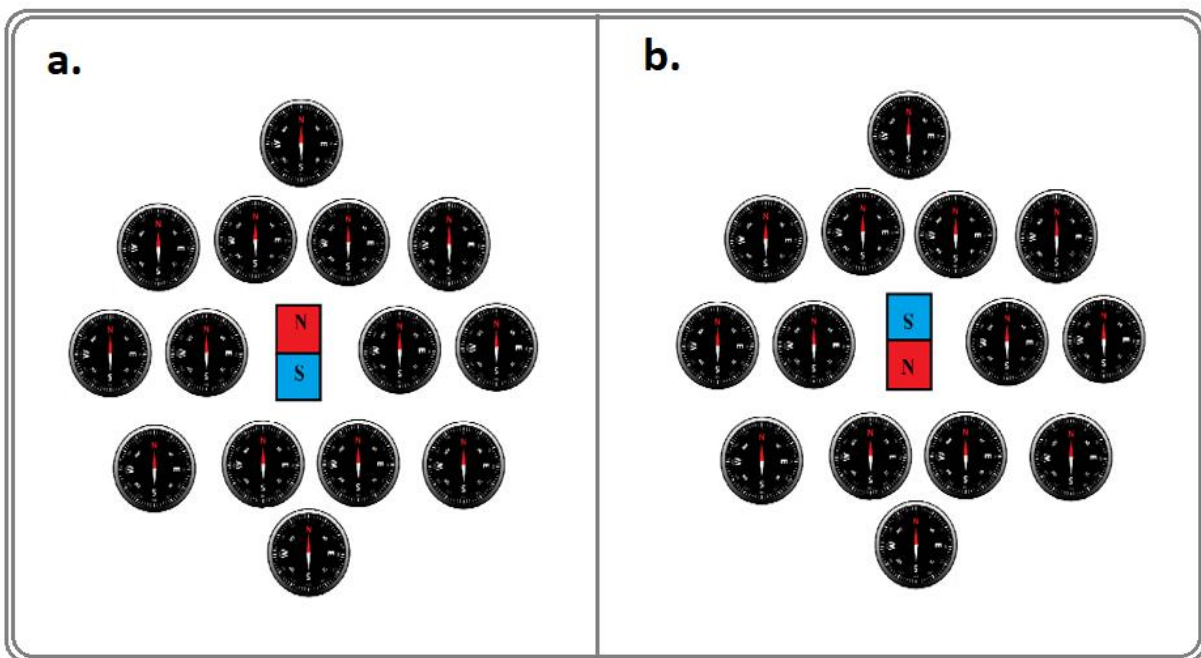


Figura 58. Crear las líneas de campo magnético por medio de brújulas (diagrama propio).

## **Preguntas de la actividad 12.2.**

1. Indica cómo funciona una brújula.
2. Menciona si una brújula apunta hacia el norte o hacia el sur de la tierra y ¿por qué?
3. Escribe por qué la aguja de la brújula cambia su posición cuando se le acerca un imán.
4. Menciona cómo se ordenan las líneas de campo magnético a través de un imán.
5. Dibuja las líneas de campo magnético alrededor del imán con el polo norte hacia arriba.
6. Dibuja las líneas de campo magnético alrededor del imán con el polo sur hacia arriba.

## **Práctica 13. Campo magnético producido por una corriente eléctrica**

El experimento de Oersted, muestra que, al pasar una corriente eléctrica por un cable conductor, la brújula se orienta perpendicularmente con la corriente.

### **Objetivo general**

Conocer cómo se produce un campo magnético con cargas en movimiento.

### **Objetivos particulares**

- I. Probar el experimento de Oersted.
- II. Demostrar cómo se genera el campo magnético con corrientes eléctricas en movimiento de una línea conductora.
- III. Utilizar la regla de la mano derecha.
- IV. Observar cómo cambia las manecillas de una brújula con corrientes en movimiento.

### **Materiales:**

- 4 brújulas
- 1 cable grueso o delgado que sea conductor de preferencia de cobre de 50cm
- 1 pila de 9v
- 2 caimanes

### Actividad 13.1

El objetivo es demostrar como a través de un circuito donde circula la corriente se produce un campo magnético.

- Coloca las cuatro brújulas arriba o debajo de un cable conductor, revisa que apunten hacia el norte, ver figura 59a.
- Posteriormente conecta la pila de 9v y cierra el circuito y observa cada brújula ver figura 59a.
- Invierte la polaridad de la pila de 9v y cierra el circuito, observa las brújulas ver figura 59b.
- ¡Precaución! el alambre se calienta, por lo tanto, conéctalo con cuidado y con caimanes.**
- Para finalizar con la regla de la mano derecha ver figura 54, determina hacia donde se dirige el campo magnético en cada circuito, recuerda que el pulgar lo diriges hacia dónde va la corriente.

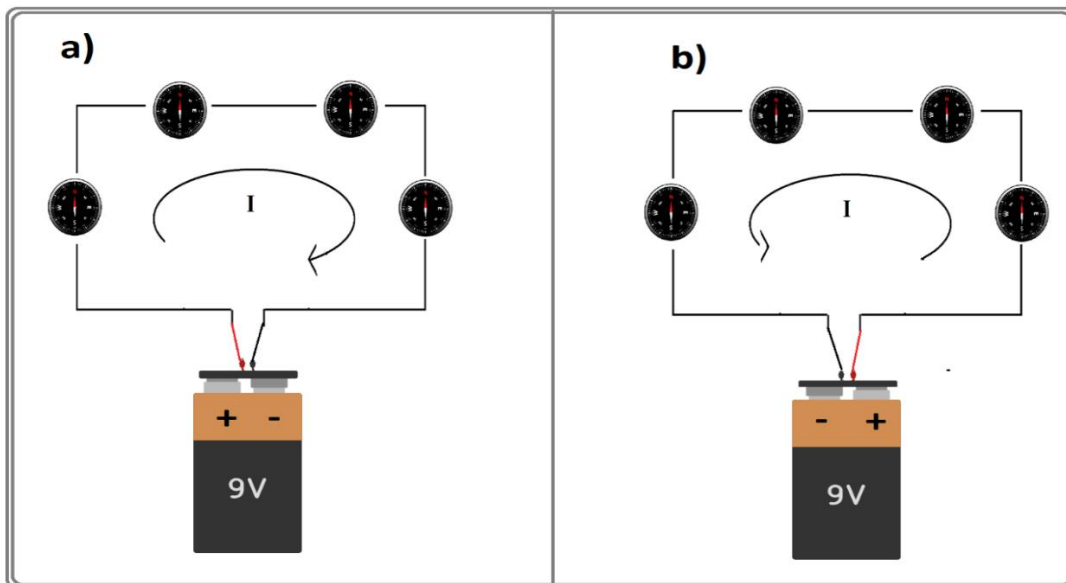


Figura 59. Campo magnético producido por una corriente eléctrica (Diagrama propio).

### Preguntas de la práctica 13.1

1. ¿Cómo se produce un campo magnético?
2. Dibuja hacia donde apuntan las brújulas cuando cerraste los circuitos de la figura 60a y 60b.
3. Dibuja hacia donde apuntan las brújulas cuando cerraste el segundo circuito en la figura 60b.
4. Dibuja la mano derecha indicando hacia dónde se dirige el campo magnético en cada uno de los circuitos de la figura 60a y 60b.
5. ¿Las brújulas apuntan hacia la dirección de campo magnético o hacia la dirección en la que se dirige la corriente?
6. ¿El campo magnético y la corriente en qué dirección deben viajar respecto a la fuerza magnética?
7. ¿Qué sucede cuando una carga se mueve en dirección paralela a un campo magnético?
8. ¿Una carga eléctrica en reposo se encuentra en un campo magnético o en un campo eléctrico?
9. ¿Una carga eléctrica en movimiento se encuentra en un campo magnético o en un campo eléctrico?

## **Práctica 14. Intensidad de un campo magnético originado por un electroimán**

El propósito es que el estudiante analice cómo se produce campo magnético a través de un electroimán.

### **Objetivo general**

Desarrollar un electroimán que produzca la intensidad de campo magnético.

### **Objetivos particulares**

1. Probar el funcionamiento de un electroimán.
2. Demostrar cómo se produce campo magnético por medio de una bobina alrededor de un clavo, convirtiéndolo en un electroimán
3. Analizar teóricamente los resultados obtenidos.

### **Actividad previa**

- ¿Cómo funciona un electroimán?

### **Materiales**

- 1 alambre de cobre mediano sin recubrimiento, aproximadamente de 40cm
- Un clavo de 6,7 u 8 cm de largo.
- 1 pila de 1.5 V.
- Cinta de aislar o adhesiva
- Un clip de metal o una aguja

## Actividad 14.1 Comprobar la intensidad del campo magnético originado por un electroimán

- Antes de empezar a enrollar el alambre deja 5 cm en cada extremo antes y después de enrollarlo.
  - Empieza a enrollar el alambre alrededor del clavo, dando un total de 50 vueltas, ver figura 60a
  - Pega los dos extremos del alambre del electroimán a la pila de 1.5 volts, por medio de cinta adhesiva, ver figura 60b
- ¡Precaución! la pila se calienta cuando conectas los dos extremos del alambre a la pila. Ten cuidado de no quemarte.**
- Después acerca el electroimán al clip o a la aguja en cualquiera de sus dos esquinas del electroimán.

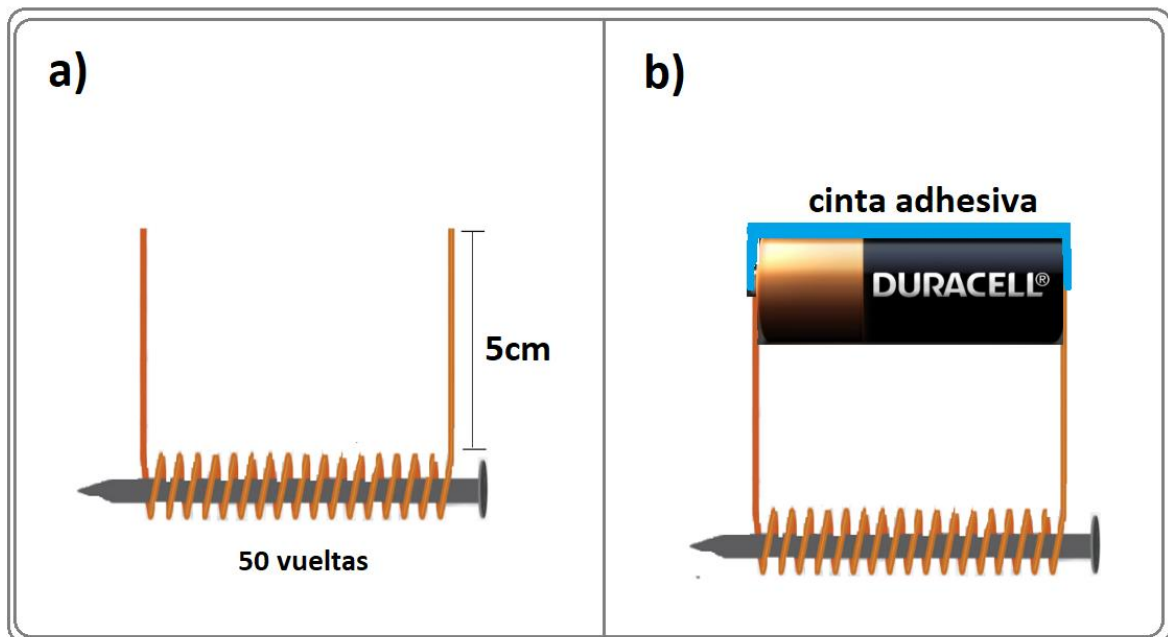
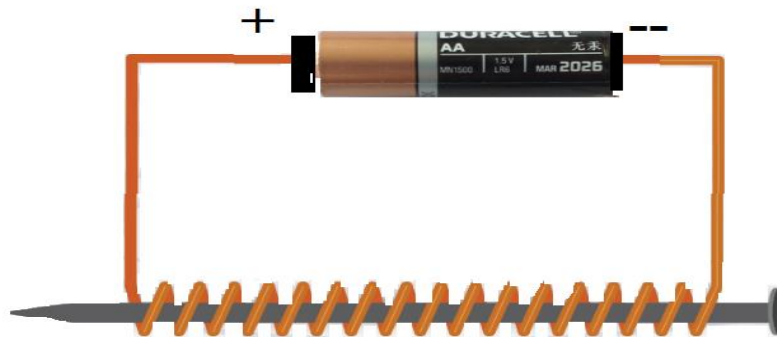


Figura 60. Creación de un electroimán [47]

## Preguntas de la práctica 14.1

1. ¿Qué sucede cuando se introduce un núcleo de hierro a través de una bobina conectada a una pila?
2. ¿Cómo puede un trozo de hierro convertirse en un imán?
3. ¿En dónde es más intenso el campo magnético en el interior o en el exterior de una bobina conectada a la corriente eléctrica?
4. Dibuja cómo se forman las líneas de campo magnético en la siguiente imagen.



## **Práctica 15. Inducción electromagnética**

El propósito es que el estudiante analice que se puede inducir una corriente eléctrica solo con una bobina y un imán.

### **Objetivo general**

Analizar cómo se genera la corriente eléctrica al introducir y retirar un imán dentro de una bobina.

### **Objetivos particulares**

- I. Demostrar la ley de inducción de Faraday, produciendo corriente eléctrica solo con una bobina y un imán.
- II. Analizar mediante el amperímetro la cantidad de corriente que se produce.
- III. Analizar teóricamente los resultados obtenidos.

### **Actividad previa**

1. Revisar el anexo 2 uso del multímetro, medición de corriente eléctrica.

### **Equipo**

- Multímetro

### **Materiales**

- Bobina de 2.5 cm de diámetro con un alambre grueso de cobre.
- Imanes de neodimio que entren por el diámetro de la bobina o dos imanes largos.
- 2 caimanos

### Actividad 15.1 Experimento de inducción electromagnética

- Realiza una bobina de 2.5 cm de diámetro con 40 o 50 vueltas de alambre grueso, ver figura 61a.
- Medición de corriente**, revisa el anexo 2 al final del manual.
- Una vez conectado el multímetro para medir corriente eléctrica, deja caer un imán dentro de la bobina y anota el valor de la corriente entregada, ver figura 61b.
- Ahora sin soltar el imán introdúcelo y retíralo lentamente dentro de la bobina y anota el valor de corriente eléctrica.
- Enseguida introduce y retira rápidamente un imán dentro de la bobina sin soltarlo y observa el cambio en la corriente eléctrica.
- Medición de voltaje**, revisa el anexo 2 al final del manual.
- Una vez conectado el multímetro para medir voltaje, deja caer un imán dentro de la bobina y anota el valor de voltaje entregado, ver figura 61a.
- Sin soltar el imán introduce y retira lentamente un imán dentro de la bobina sin soltarlo y anota el voltaje máximo.
- Introduce y retira rápidamente un imán dentro de la bobina sin soltarlo y anota el voltaje máximo.

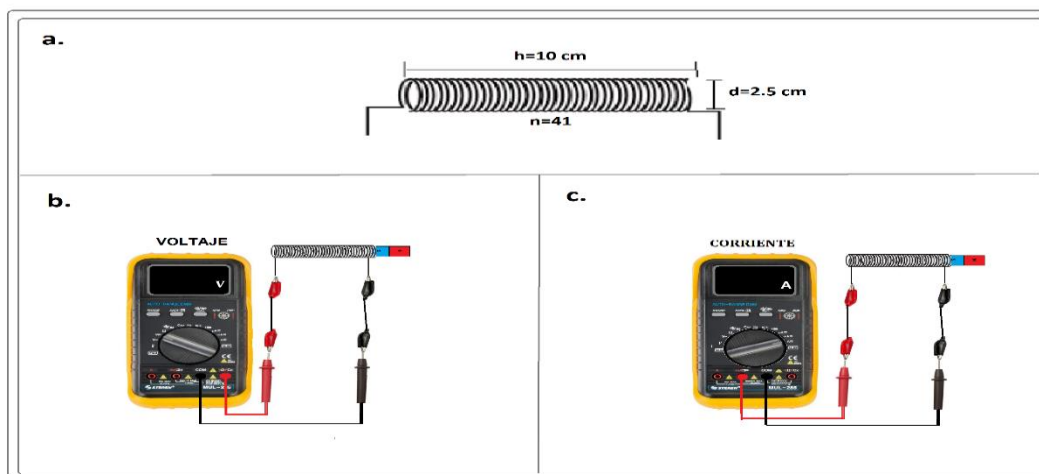


Figura 61. Inducción electromagnética (Diagrama propio)

## Preguntas de la práctica 15.1

1. ¿Qué valor de corriente eléctrica obtuviste cuando solo dejaste caer el imán?
2. ¿Qué valor de la corriente eléctrica obtuviste cuando introdujiste el imán lentamente?
3. ¿Qué valor de la corriente eléctrica obtuviste cuando introdujiste el imán rápidamente?
4. ¿Qué valor de voltaje obtuviste cuando solo dejaste caer el imán?
5. ¿Qué valor de voltaje obtuviste cuando introdujiste el imán lentamente?
6. ¿Qué valor de voltaje obtuviste cuando introdujiste el imán rápidamente?
7. De acuerdo a tus anotaciones y observaciones de las preguntas anteriores, se induce más voltaje o corriente eléctrica.

### **Trabajo para todo el grupo en equipo**

1. Menciona una analogía de campo magnético como tú te lo imagines o alguna analogía que hayas escuchado.
2. Selecciona una actividad con tu equipo de trabajo y explícalo con tus propias palabras ante tus demás compañeros de tu clase.
3. Escribe tus conclusiones de cada práctica y si el profesor lo requiere entrega el informe en equipo o individualmente.

---

## 6. COMPORTAMIENTO DE UN CIRCUITO RC CON CORRIENTE DIRECTA

---

Se le llama circuito RC a la combinación en serie de un capacitor y un resistor. Un circuito RC puede alimentarse con una fuente de voltaje de corriente directa y con una fuente de voltaje de corriente alterna. Cuando un circuito RC se conecta a un voltaje de corriente directa permite la carga y descarga del capacitor. Por otro lado, si se conecta a una fuente de voltaje alterna se consigue un filtro de primer orden.

Una de sus aplicaciones en la vida diaria son los ecualizadores, su función es filtrar un rango de frecuencias bajas o altas que se utilizan para modificar o aumentar partes del sonido. Además, posee varios controles que afectan a diferentes frecuencias llamadas bandas. Entre más bandas tenga un ecualizador más fino será su filtrado, porque podrá actuar sobre más frecuencias precisas [1], ver figura 62.



Figura 62. Ecualizador.

## Estados de un circuito RC conectado a un voltaje de corriente directa [2]

### A. El estado estacionario o de equilibrio

El circuito RC en estado estacionario está abierto, es decir, que la fuente de voltaje no está conectada al circuito. Por lo tanto, no circula corriente directa y no hay voltaje en la resistencia ni en el capacitor, ver figura 63a.

En la figura 63 se observa lo siguiente:

1. En la gráfica  $V(t)$  se muestra el voltaje de la fuente de 9 V, figura 63b.
2. Se muestra que no circula la corriente en el resistor,  $i=0$ , figura 63c.

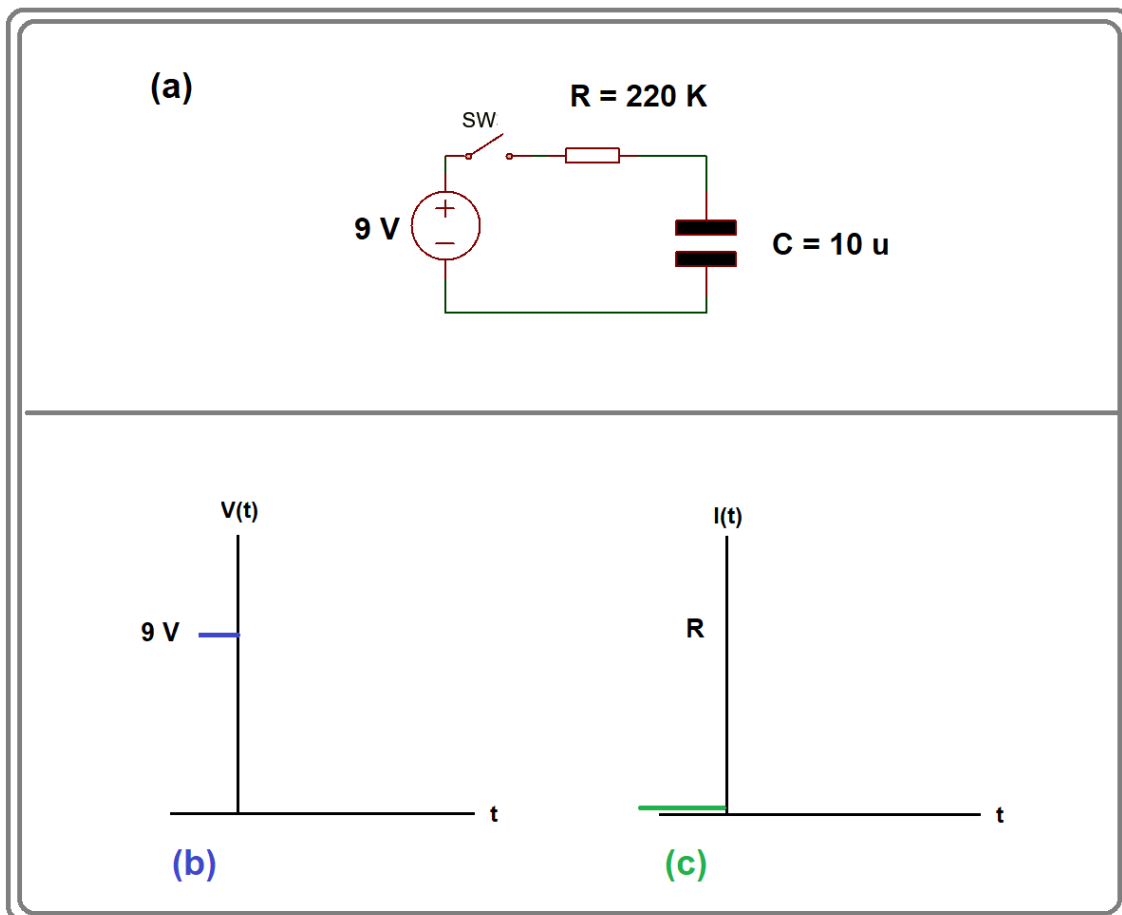


Figura 63. Capacitor en estado de equilibrio.

## B. El estado periodo de transición

El circuito RC en estado de transición está cerrado, es decir, la fuente de voltaje está conectada al circuito. Por lo tanto, circula corriente directa y hay voltaje en el resistor y en el capacitor.

La corriente sigue fluyendo por el resistor mientras se carga totalmente el capacitor. Después de que terminó de cargarse el capacitor con el mismo voltaje de la fuente, deja de fluir corriente directa y el flujo de carga por el resistor y el capacitor, pero el voltaje de la fuente sigue alimentando al circuito ver figura 64d.

En las gráficas de la figura 64 se observa lo siguiente:

3. En la gráfica  $V(t)$  se muestra el voltaje de la fuente de 9 V, figura 64e.
4. Se muestra como el  $V_o$  del capacitor se iguala a la de la fuente, figura 64f.
5. Se visualiza que la corriente fluye por el resistor, figura 64g.
6. Cuando el capacitor está cargado totalmente, la corriente deja de fluir por el resistor, figura 64h.

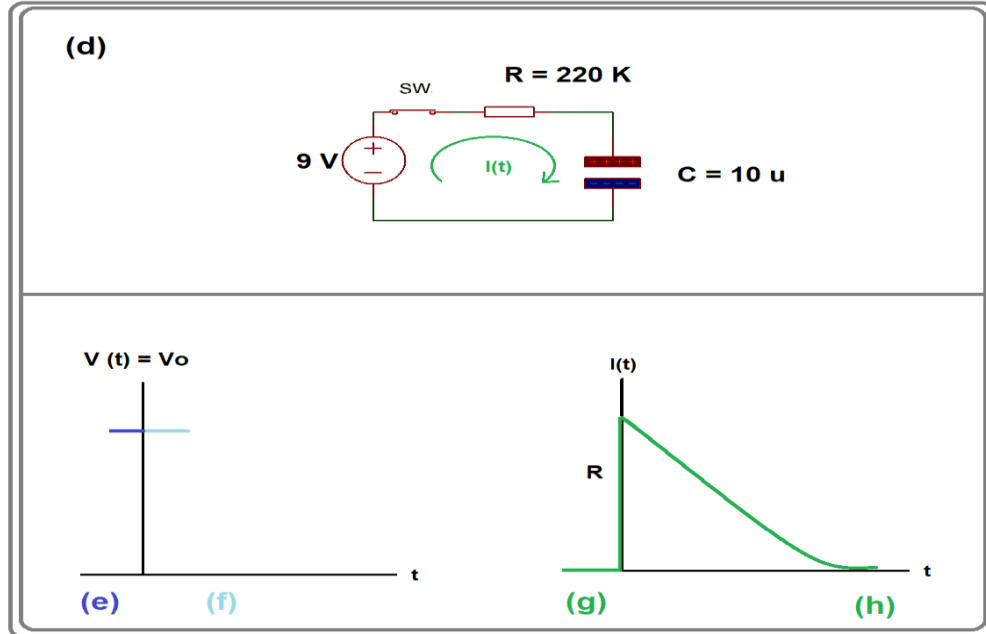


Figura 64. Circuito en estado de transición.

### C. El estado natural

El circuito RC ha sido desconectado de la fuente de voltaje, pero antes de que se desconectara la tensión, el capacitor quedó cargado con el mismo voltaje de la fuente. El condensador se empieza a descargar y la corriente fluye por el resistor con una polaridad inversa a la de la fuente de voltaje.

Finalmente, la corriente deja de fluir por el resistor hasta que el capacitor se descarga por completo y regresa a su estado natural, ver figura 65i.

En las gráficas de la figura 65 se observa lo siguiente:

7. Se desconectó la fuente de voltaje, pero se sigue teniendo 9 V, figura 65j.
8. El capacitor se va descargando porque la fuente de voltaje fue desconectada, figura 65k.
9. Cuando el capacitor se va descargando, la corriente empieza a fluir nuevamente en el resistor, figura 65l.
10. La corriente deja de fluir por el resistor hasta que el capacitor se descarga por completo, figura 65m.

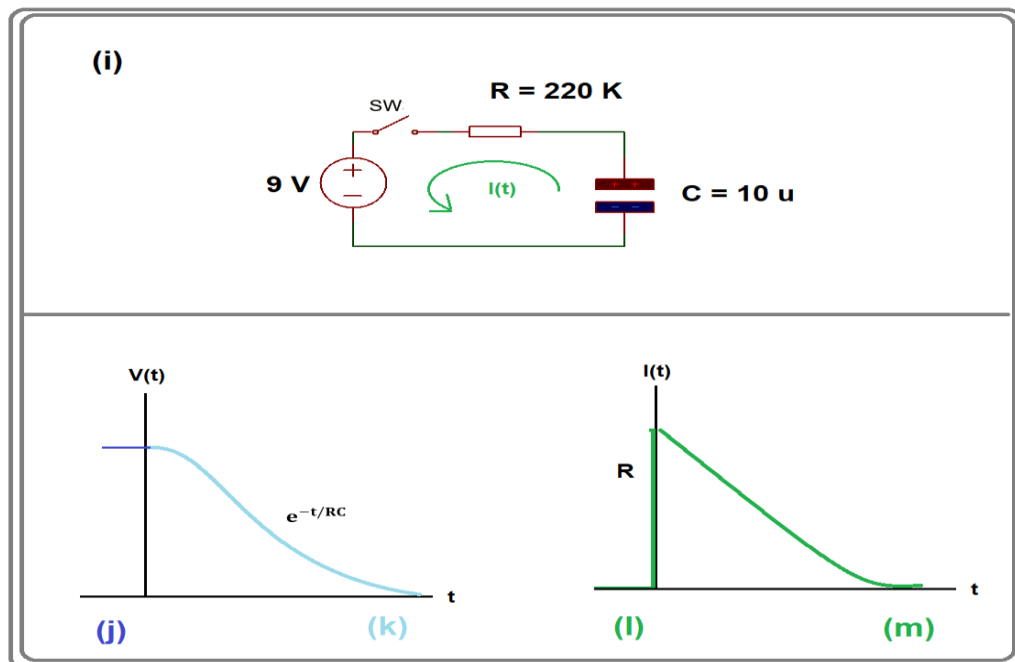


Figura 65. Circuito en estado natural.

En la figura 66 se muestran los valores que se utilizan en un circuito RC con voltaje de corriente directa y su descripción.

LOS VALORES QUE SE UTILIZAN EN UN CIRCUITO RC CON VOLTAJE DE C.D.	DESCRIPCIÓN
$V(t)$	Voltaje de la fuente
$V_0 = V(t=0)$	Voltaje inicial del capacitor en el tiempo $t = 0$
$V(t) = V_0$	El capacitor está cargado totalmente y tiene el mismo voltaje de la fuente de tensión
$V_0 = 0$	Si el capacitor esta descargado
$\tau = R C$	La constante de tiempo se mide en milisegundos. Así mismo multiplicando la resistencia por la capacitancia se obtiene el tiempo en el que el capacitor se descarga en el capacitor
$e^{-t/RC}$	La exponencial representa cuando el capacitor se está descargando
$V(t) = V_0 e^{-t/RC},$	Es el voltaje de la fuente cuando está conectada al circuito
$i(t) = \frac{v_0}{R} e^{-t/RC}$	Es la corriente que circula por el circuito, cuando tiene una fuente conectada de tensión

Figura 66. Valores de un circuito RC.

## **Práctica 16 Circuitos RC**

El propósito es que el estudiante analice la diferencia entre los 3 estados y el comportamiento del capacitor en su carga y descarga, analizando el voltaje entre sus terminales.

### **Objetivo general**

Analizar su comportamiento de un circuito RC en sus 3 estados.

### **Objetivos particulares**

- I. Analizar el comportamiento de un capacitor en un circuito cerrado y abierto.
- II. Observar las gráficas de voltaje y de corriente en los 3 estados del circuito.
- III. Realizar la medición del voltaje con el multímetro en cada una de las etapas del circuito, revisar anexo 2 medición de voltaje.

### **Actividad previa**

1. Leer y observar el funcionamiento del capacitor en los tres estados del circuito RC, ver figura 63, 64, 65, para que se analicen los circuitos correctamente.
2. Indica el funcionamiento de un capacitor en corriente directa y en corriente alterna.

### **Equipo**

- Multímetro

### **Material**

- Protoboard
- Capacitor de 100u
- Resistencia de 20K, 220K
- Cable UTP
- Pila de 9 V

## Actividad 16.1 Estados de un circuito RC

Para iniciar la actividad realiza lo siguiente:

- Identifica cada estado que le pertenece a cada circuito de las 3 figuras al final de la actividad.
- Analiza las graficas que le pertenecen a cada estado del circuito, es decir la grafica de voltaje  $V(t)$  y corriente  $i(t)$ , por qué más adelante se te pide dibujarlas.
- Ahora conecta el circuito al protoboard.
- Con el multímetro mide el voltaje en el capacitor y el resistor como lo muestra cada estado de los circuitos que identificaste previamente.
- Ahora en el mismo circuito solo cambia la resistencia de 20K por la de 220K y realiza nuevamente el punto d.
- Anota las diferencias entre los puntos anteriores d y e.

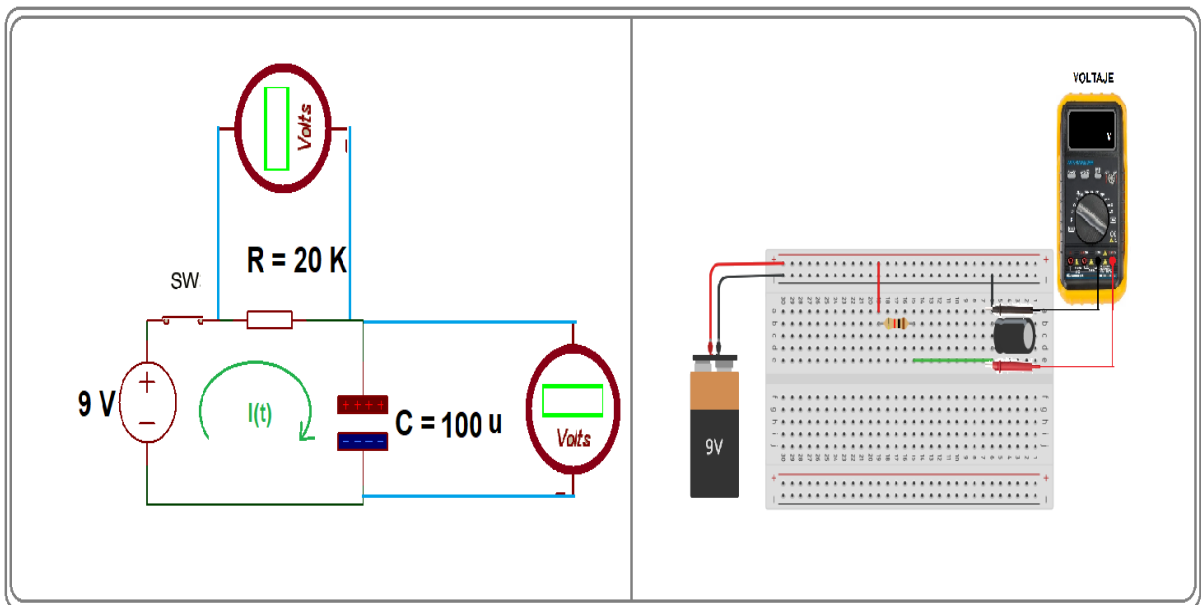


Figura 67. Identificar el estado del circuito RC

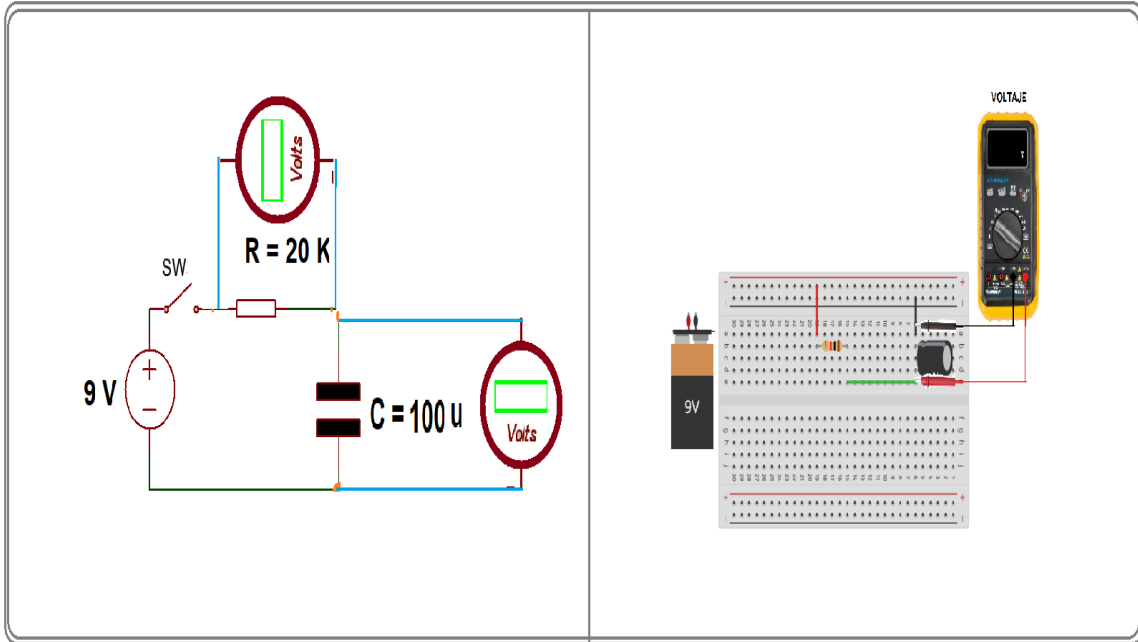


Figura 68. Identificar el estado del circuito RC

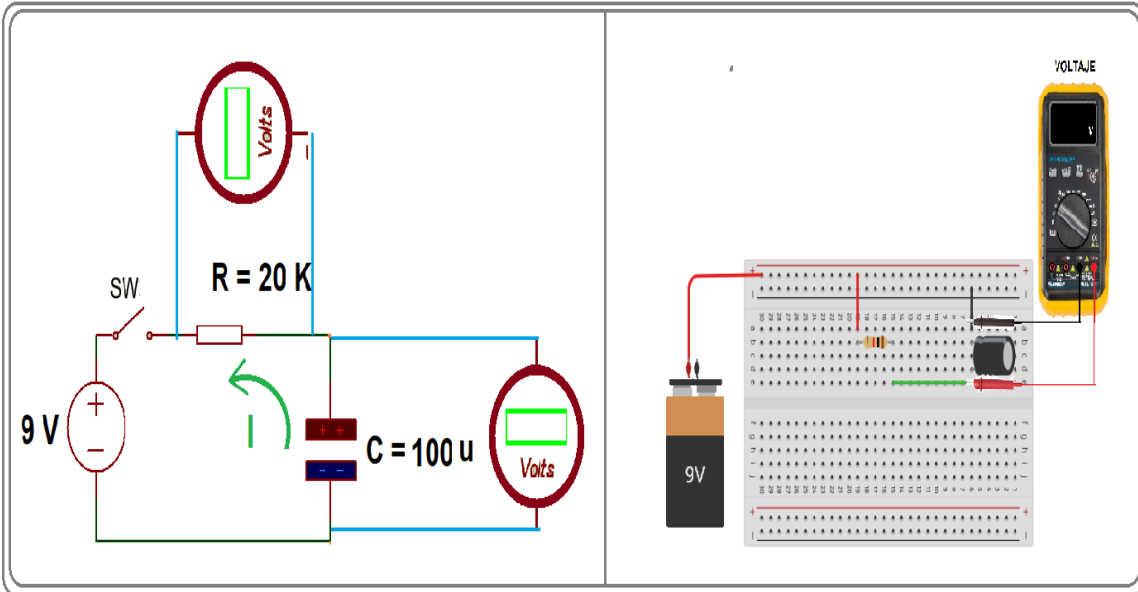


Figura 69. Identificar el estado del circuito RC

## Preguntas de la actividad 16.1

1. Escribe el orden de los estados de los circuito de la figura 67.
2. Anota el voltaje que mediste en el capacitor en cada estado del circuito, ver figura 67.
3. Escribe las observaciones que obtuviste de cada circuito de la figura 67.
4. Anota las diferencias de cada circuito cuando intercambiaste la resistencia de 20k por la de 220k
5. Dibuja las gráficas que le pertenecen a cada estado del circuito, es decir la gráfica de voltaje  $V(t)$  y corriente  $i(t)$ , ver figura 67.
6. Indica cómo es el voltaje y la corriente en un circuito en serie con un resitor y un capacitor

## **Trabajo para todo el grupo en equipo**

1. Menciona una analogía de circuitos RC, como tú te lo imagines o alguna analogía que hayas escuchado.
2. Selecciona una actividad con tu equipo de trabajo y explícalo con tus propias palabras ante tus demás compañeros de tu clase.
3. Escribe tus conclusiones de cada actividad y si el profesor lo requiere entrega el informe en equipo o individualmente.

---

## 7. FILTROS RC PASIVOS DE PRIMER ORDEN, PASO ALTAS Y PASO BAJAS

---

Todos los filtros electrónicos tienen una entrada y salida en la entrada. Se introducen señales de corriente alterna (AC) de diferentes frecuencias y en la salida se observan un cierto rango de frecuencias no deseadas con atenuación. Para filtrar señales altas, ocupamos un filtro pasa bajas y para filtrar señales bajas ocupamos un filtro pasa altas, así mismo los dos filtros que se ocupan son los siguientes [48]:

- Filtro pasa bajas, eliminan frecuencias altas.
- Filtro pasa altas, elimina frecuencias bajas.

Se les llama circuito pasivo porque no amplifican las señales. Así mismo están compuestos solo de dos dispositivos pasivos por esa razón se les llama de primer orden. Su aplicación de los filtros, se ocupa en ecualizadores que modifican la amplitud de las frecuencias de una señal de audio, ver figura 70.



Figura 70. Ecualizador [49].

## A. Un circuito RC como filtro paso bajas pasivo

Es un filtro compuesto por un resistor que se conecta en serie al capacitor, su entrada del filtro se encuentra antes del resistor y la salida se encuentra entre el resistor y capacitor, filtra y atenúa las señales de alta frecuencia después de su frecuencia de corte.

### Comportamiento de un circuito RC, paso bajas

1. Permite solo frecuencias bajas de 1Hz hasta la frecuencia de corte.
2. El condensador: guarda energía entre sus placas y su comportamiento depende de la frecuencia que lo traspase.
3. El resistor no guarda energía, por lo tanto, su comportamiento es el mismo para cualquier frecuencia que lo atraviese.
4. El capacitor en bajas frecuencias es un circuito abierto
5. El capacitor en altas frecuencias es un circuito cerrado
6. Las señales de baja frecuencia atraviesan el resistor y salen directamente por el filtro porque el capacitor tiene una resistencia muy alta, es decir se comporta como un circuito abierto.
7. Las señales de alta frecuencia atraviesan el resistor y el capacitor, porque este último les ofrece una trayectoria de muy baja resistencia, es decir se comporta como un circuito cerrado.
8. Las señales de baja frecuencia no pasan por el condensador, porque les ofrece una trayectoria de muy alta resistencia.
9. En bajas frecuencias el capacitor es un circuito abierto y al no circular corriente todo el voltaje llega a la salida.

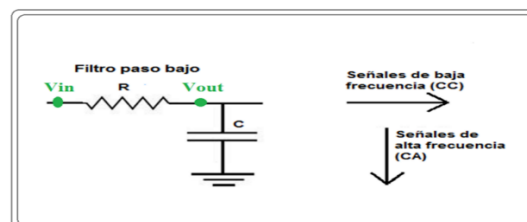


Figura 71. Circuito RC filtro pasa bajas pasivo (diagrama propio).

## B. Un circuito RC como filtro paso altas pasivo

Es un filtro compuesto por un capacitor que se conecta en serie a un resistor, donde las señales de alta frecuencia entran y salen del filtro sin ninguna modificación y señales de baja frecuencia son eliminadas o atenuadas cuando entran al resistor y éste se conecta a tierra.

### Comportamiento de un circuito RC, paso altas

1. Permite solo el paso de frecuencias altas a partir de la frecuencia de corte.
2. El condensador guarda energía entre sus placas y su comportamiento depende de la frecuencia que lo traspase.
3. El resistor no guarda energía, por lo tanto, su comportamiento es el mismo para cualquier frecuencia que lo atraviese.
4. El capacitor en bajas frecuencias es un circuito abierto
5. El capacitor en altas frecuencias es un circuito cerrado
6. Las señales de baja frecuencia no atraviesan el capacitor, porque se comporta como un circuito abierto que no deja pasar corriente por la resistencia y su voltaje será cero.
7. Las señales de alta frecuencia atraviesan el condensador, porque se comporta como un circuito cerrado (como si no estuviera) y la corriente siempre se va donde hay menor resistencia, la señal se va directo a la salida sin pasar por el resistor, pero todo el voltaje se va por la resistencia.
8. En frecuencias bajas, el capacitor será un circuito abierto, por lo tanto, la corriente llegará a la salida.

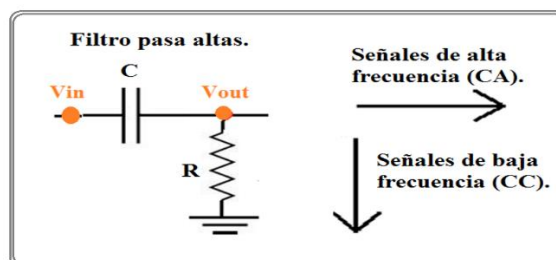


Figura 72. Circuito RC de un filtro pasa altas pasivo (diagrama propio).

**Las fórmulas para diseñar un filtro paso bajas o un filtro paso altas son las siguientes:**

1. Frecuencia de corte para un circuito RC, paso bajas y paso altas.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (\text{ec. 12})$$

2. Capacitor para circuito RC, paso bajas o paso altas:

$$C = \frac{1}{2\pi f_c R} \quad (\text{ec. 13})$$

3. Resistor para un circuito RC, paso bajas y paso altas:

$$R = \frac{1}{2\pi f_c C} \quad (\text{ec. 14})$$

**Los pasos para diseñar un circuito paso bajas o paso altas pasivo son los siguiente:**

1. Selecciona la frecuencia de corte deseada  $f_c$  en Hz
2. Elije un resistor de entrada o salida depende del filtro.
3. Calcula el capacitor o la resistencia depende del valor que tenga.

## **Proyecto final. Señal analógica de voz en un filtro pasa altas y pasa bajas**

### **Descripción**

1. Documento que contenga el procedimiento y resultado que realizaron para crear el filtro paso bajas y el circuito paso altas.
2. Las ecuaciones que utilizaron
3. ¿Cómo diseñaron sus filtros?
4. Los equipos de medición que se ocuparon.
5. Imágenes de sus dos filtros diseñados en el osciloscopio de ambos filtros.
6. Conclusiones.

**Objetivos.** Analizar cómo se comporta el filtro paso bajas y filtro paso altas para señales de audio.

### **Actividad previa**

1. Estudiar práctica de circuitos RC
2. Leer la introducción de un circuito RC como filtro paso bajas y paso altas pasivo.
3. ¿Cómo se comporta un capacitor en corriente continua y en corriente alterna?

### **Equipo electrónico.**

1 osciloscopio (pedir en el laboratorio de electrónica)

### **Materiales**

- 1 teléfono móvil que contenga música y audio de voz de altas y bajas frecuencias.
- 1 protoboard.
- 1 capacitor de 0.1  $\mu\text{F}$
- 1 resistor del valor calculado para frecuencias de corte de 1 KHz, 3 KHz, 5 KHz, 8 KHz.
- 1 conector plug de audio con 3 anillos, o el de unos manos libres
- 1 pinzas, soldadura, cautín solo si su plug se le corta el cable de manos libres.
- una bocina 8  $\Omega$  a 1.5 watts, o una bocina mediana.

## **Pasos para configurar un osciloscopio de marca TEKTRONIX para un filtro paso altas pasivo y un filtro paso bajas pasivo de primer grado**

1. Conecta las dos puntas de osciloscopio en los conectores **CAT II** de color amarillo y de color azul.
2. Enciende el osciloscopio, en la parte superior izquierda se encuentra el botón.
3. Es necesario que verifiques las puntas para que funcionen correctamente para verificarlas se hace lo siguiente:
  - En la parte inferior derecha en **PROBE COMP**, se conecta la punta roja a la señal cuadrada y la punta negra en tierra.
  - Después aparece una señal cuadrada del color de la punta que se está verificando.
  - Si no se ve la señal cuadrada, presione **AUTOSET**.
  - Si con el proceso anterior el osciloscopio no muestra la señal, la punta no funciona.
  - Desconecta la punta de **PROBE COMP** y verifique la segunda punta de color azul (repita los pasos anteriores).
4. Para la configuración de **CH1** presiona el botón amarillo con el número 1
  - Muestra un menú y con los botones que se encuentran a la derecha de cada opción permiten desplegar el menú de cada opción.
  - Elige el **ACOPLAMIENTO** y con el selector **MULTIPURPOSE** al darle vuelta permite posicionarse en la opción deseada, en este caso elige **CA** y para activarla presiona el botón **MULTIPURPOSE** hacia adentro, debe tener una pequeña flecha indicando que ha sido seleccionada la opción.
  - **LIMITE DE ANCHO DE BANDA** se deja **150MHz** y las opciones siguientes no se van a cambiar.
  - Pulsa **ON/OFF** que se encuentra hasta abajo de los botones que se encuentran en lado derecho de la pantalla para salir del menú.
  - Configura la segunda punta de color azul, realizando los pasos anteriores.

5. Con los botones **SCALE posición vertical** (el amarillo y azul) elije 500mv para **CH1**, 500mv para **CH2**.
6. **SCALE posición horizontal** cambia el tiempo a 500ms
7. **Conecta el filtro paso bajas o paso altas**, la entrada del filtro paso bajas lo conectas en la punta amarilla **CH1**, la señal de salida del filtro conéctala en la punta azul **CH2**.
8. Envía una señal de audio desde tu teléfono móvil y observa cómo se filtran las señales altas o bajas depende del filtro conectado.
9. Si la señal tiene mucho movimiento y no se puede observar el filtrado debes detener la señal con el botón **RUN/STOP**.

## **Desarrollo 1: Conexión de un filtro paso bajas**

1. Corta el plug con las pinzas, retira el forro de plástico hasta que sean visibles los anillos internos o el par de cobre.
2. Con un cautín solda los hilos de cobre o los anillos internos del plug unos cables en cada espacio entre anillos.
3. Diseña un filtro paso bajas con frecuencia de corte de 1khz, 3khz.
4. El capacitor para el filtro es de 0.1  $\mu$ F, entonces calcula la resistencia.
5. Conecta tu filtro paso bajas a la protoboard.
6. Conecta dos de las conexiones del plug, la salida positiva la conectas a la entrada del filtro y la otra a tierra.
7. La bocina se conecta con su entrada positiva en la entrada del filtro paso bajas y la conexión negativa a tierra.
8. El canal 1 se conecta a la entrada (V in) del filtro y la punta negra a tierra.
9. El canal 2 se conecta a la salida (V out) del filtro y la punta negra a tierra.
10. Introduce el plug en la entrada de audio de tu teléfono móvil.
11. Revisa los pasos para la configuración del osciloscopio.
12. Configura CH1 y CH2 en corriente alterna (CA).
13. Elige en escala de tiempo de 500 milisegundos (ms).
14. Elige en escala de voltaje de 500mV.
15. Reproduce la señal de audio y observa cómo se filtra la señal.
16. Guarda las señales que observas en el osciloscopio en tu USB o toma fotografías de tu filtro paso bajas.

Diagrama para la conexión de un filtro paso bajas

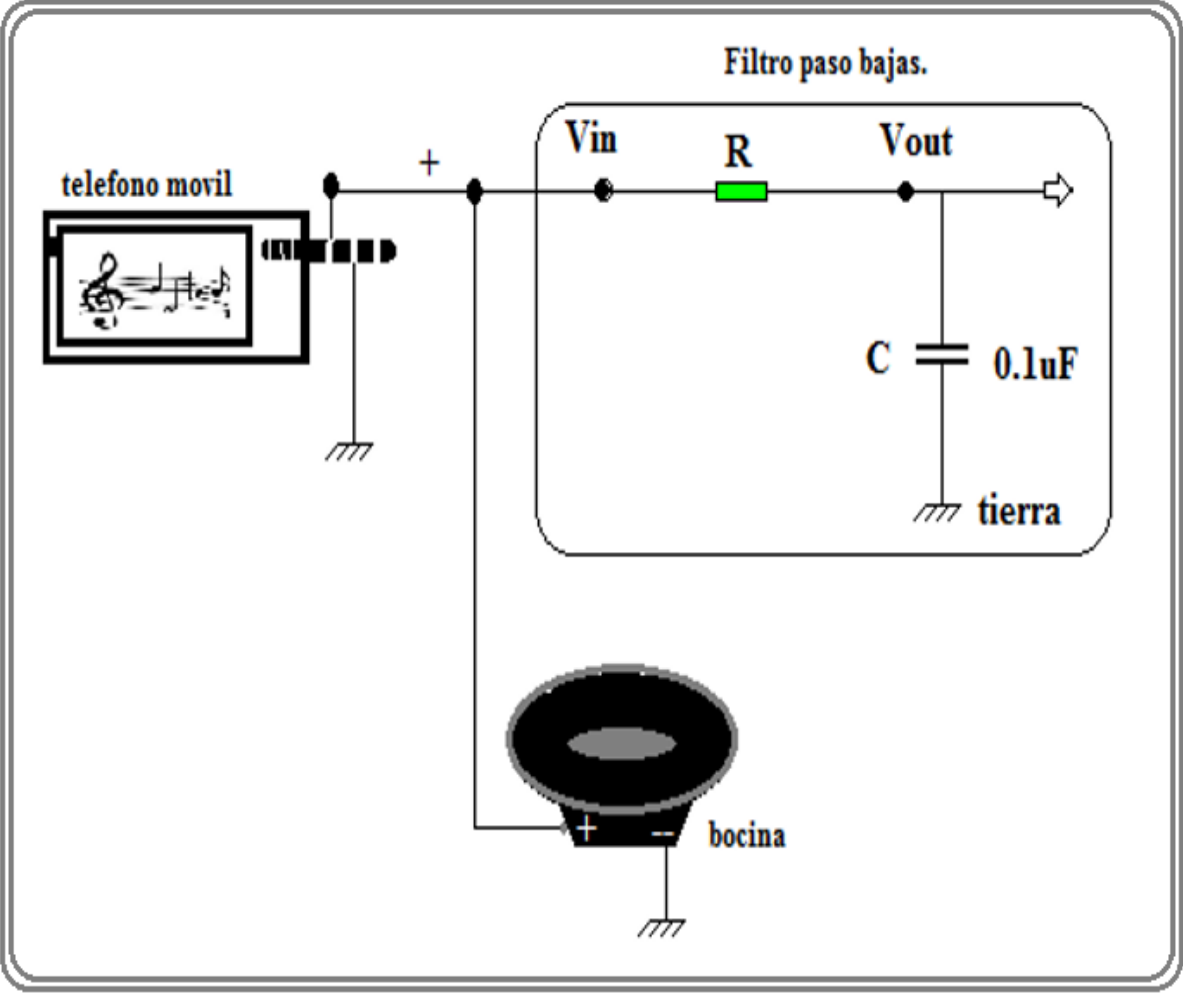


Figura 73. Filtro paso bajas con señal de audio.

## Desarrollo 2: Conexión de un filtro pasa altas

1. Corta el plug con las pinzas, retire el forro de plástico hasta que sean visibles los anillos internos o el par de cobre.
2. Con un cautín soldé los hilos de cobre o los anillos internos del plug unos cables en cada espacio entre anillos.
3. Diseña un filtro pasa altas de frecuencia de corte de 5khz, 8 KHz.
4. El capacitor para el filtro pasa alto es de 0.1  $\mu$ F, entonces calcula la resistencia.
5. Conecta tu filtro paso altas a la protoboard.
6. Conecta dos de las conexiones del plug, la salida positiva la conectas a la entrada del filtro y la otra a tierra.
7. La bocina se conecta con su entrada positiva en la entrada del filtro paso bajas y la conexión negativa a tierra.
8. El canal 1 se conecta a la entrada ( $V_{in}$ ) del filtro y la punta negra a tierra.
9. El canal 2 se conecta a la salida ( $V_{out}$ ) del filtro y la punta negra a tierra.
10. Introduce en la entrada de audio de tu teléfono móvil, el plug.
11. Revisa los pasos para la configuración del osciloscopio.
12. Configura CH1 y CH2 en corriente alterna (CA).
13. Elige en escala de tiempo de 500 milisegundos (ms).
14. Elige en escala de voltaje de 500mV.
15. Reproduce la señal de audio y observa cómo se filtra las señales bajas.
16. Guarda las señales que observes en el osciloscopio en tu USB o toma fotografías de tu filtro paso bajas.

## Diagrama para la conexión de un filtro paso altas

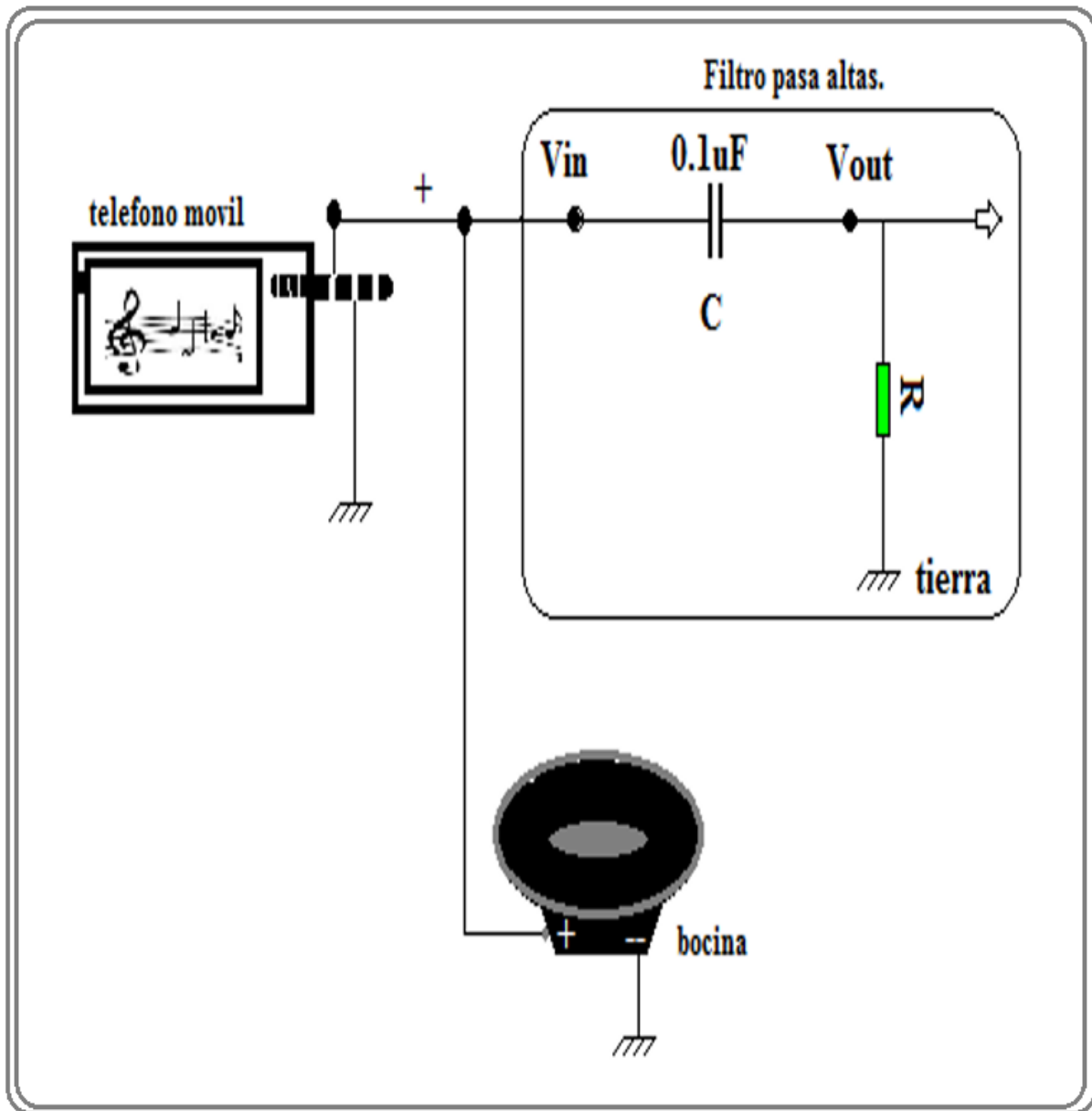


Figura 74. Filtro pasa altas con señal de audio.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Tabla triboeléctrica

La tabla triboeléctrica muestra la lista de materiales que ceden o conservan electrones cada vez que entran en contacto por fricción, por contacto, los materiales que se encuentran en la tabla triboeléctrica van de materiales neutro, con menor carga hasta mayor carga positiva o negativa [50].

Los materiales triboeléctricos que se froten y se encuentren más separados en la lista de la tabla, obtendrán una transferencia de carga mayor [50].

TABLA TRIBOELÉCTRICA				
Materiales con mayor carga positiva, tienden a ceder electrones (+)		Materiales con mayor carga negativa, conservan sus electrones (-)		
POSICIÓN			POSICIÓN	
mayor carga positiva	Aire	Ebonita	mayor carga negativa	
↑	Piel humana	Goma de silicona	↑	
	Cuerpo	Teflón		
	Piel de conejo	Polipropileno vinilo (PVC)		
	Vidrio	Poliuretano (cinta scotch)		
	Cuarzo	Papel plástico de embalar		
	Mica	Espuma de poliestireno		
	Cabello	Poliéster		
	Nylon	Goma sintética		
	Lana	Acetato, Rayón		
	Plomo	Oro, Platino		
	Piel de gato	Plata		
	Seda	Bronce		
	Aluminio	Azufre		
	Papel (pequeña carga positiva)	Níquel y cobre		
	Algodón (sin carga)	Goma dura		
	material neutro	Resinas		material neutro
		Globo de goma		
		Poliestireno		
	Acrílico			
	Ámbar			
	Plexiglás			
	Madera			
	Acero (sin carga)			

Figura 75. Tabla triboeléctrica (tabla propia con base en [60]).

## Anexo 2. Uso básico del multímetro digital

Un multímetro es un instrumento de medida que combina varias funciones en un mismo instrumento, como un voltímetro mide la tensión, voltaje o llamado también diferencia de potencial entre dos puntos [51].

Un amperímetro mide intensidad de corriente, y un óhmetro mide resistencia. Un multímetro combina estas funciones, además de algunas otras adicionales en un mismo instrumento.



Figura 76. El multímetro (Diagrama propio basado en [25]).

- **Prueba de continuidad**

1. Conecta la punta negra (negativa) en la terminal COM.
2. La punta roja (positiva) se conecta en la terminal (V), ( $\Omega$ ), (Hz).
3. El interruptor en el símbolo  $\text{---})$  .
4. Toca con las puntas una hoja de aluminio y con la otra punta la segunda hoja de aluminio, no importa la polaridad.
5. La medida que muestra el multímetro cuando no hay corto es 1 y no envía ningún sonido
6. Si la medida es negativa y se escucha un sonido, tiene un corto y tendrás que revisar que no se toquen las hojas de aluminio entre sí. También, revisa que el plástico no tenga ningún orificio, si lo tiene pega cinta adhesiva en los orificios que encuentres.

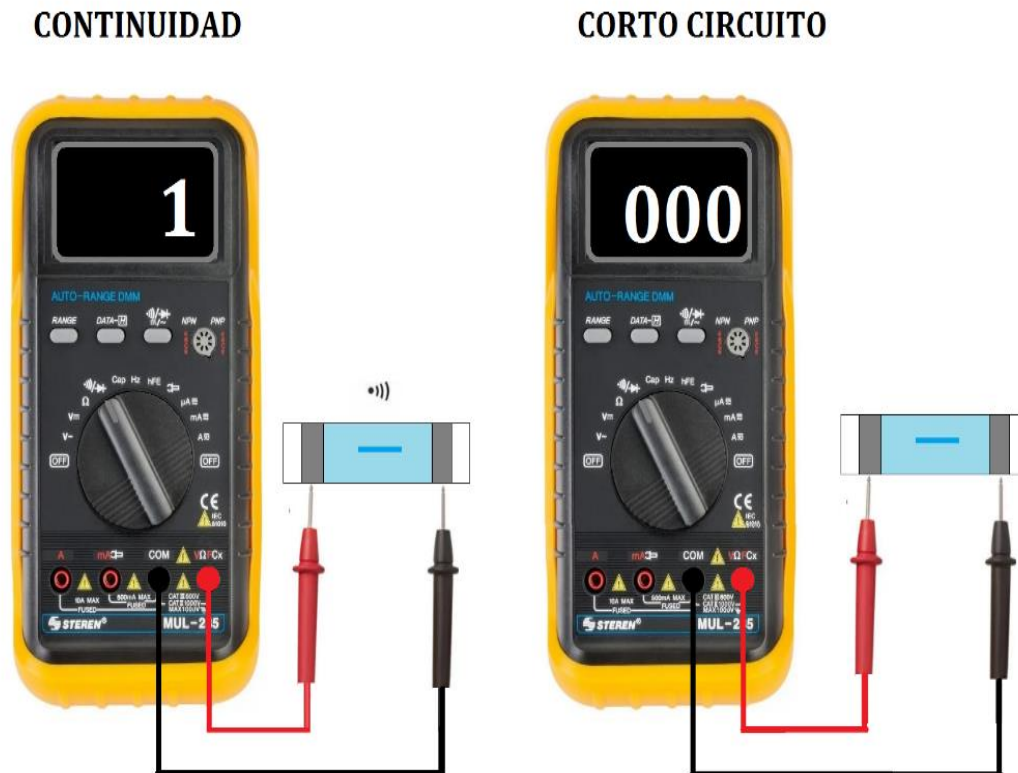


Figura 77. Medición de continuidad y el corto circuito (Diagrama propio basado en [25]).

- **Medición de capacitancia**

1. Solo se mide en multímetros que tengan medición para capacitancia.
2. Conecta la punta negra en la terminal COM
3. Conecta la punta la roja en la terminal mA.
4. El interruptor se coloca en el rango (F).
5. Conecta las puntas roja y negra en las terminales del capacitor, recuerda que tiene polaridad el capacitor.
6. Para evitar algún daño al multímetro, no midas los capacitores cargados o conectados al circuito si la fuente de voltaje está conectada.
7. Cuando la pantalla muestre el numero "1" o un valor no conocido, se debe seleccionar el rango siguiente.

## CAPACITANCIA



Figura 78. Medición de capacitancia (Diagrama propio basado en [25]).

- **Medición de resistencia (óhmetro)**

1. Conecta la punta de prueba, la terminal roja a (V,  $\Omega$ ).
2. La punta negra en la terminal COM.
3. Coloca el interruptor en la posición del símbolo de  $\Omega$  en el rango más bajo que se va a medir o un aproximado.
4. Enciende el óhmetro.
5. Con las puntas, mide los extremos del resistor, recuerda que ningún resistor tiene polaridad, por lo tanto, se pueden acomodar las puntas de manera indistinta.
6. Si el rango no te da un valor conocido o muestra el numero "1" selecciona el rango siguiente.

## RESISTENCIA



Figura 79. Medición de resistencia (Diagrama propio basado en [25]).

- **Medición de corriente (amperímetro)**

1. Conecta la terminal roja (positiva) en la terminal (mA), si la corriente que vas a medir es menor a lo indicado en esta terminal, generalmente en miliampers.
2. Conecta la terminal roja (positiva) en la terminal que indique corriente máxima, si la corriente que se a medir es mayor, generalmente en amperes.
3. Conecta la terminal negra (negativa) en la terminal COM
4. Coloca el interruptor de funciones en el rango A~(alterno) o A (continuo) deseado
5. Si se conoce la magnitud de la corriente coloca el interruptor en el rango más alto y luego disminuye de rango a rango
6. Conecta las puntas en serie en el circuito que se va a medir.
7. Cuando la pantalla muestre el numero "1", se debe seleccionar el rango siguiente.

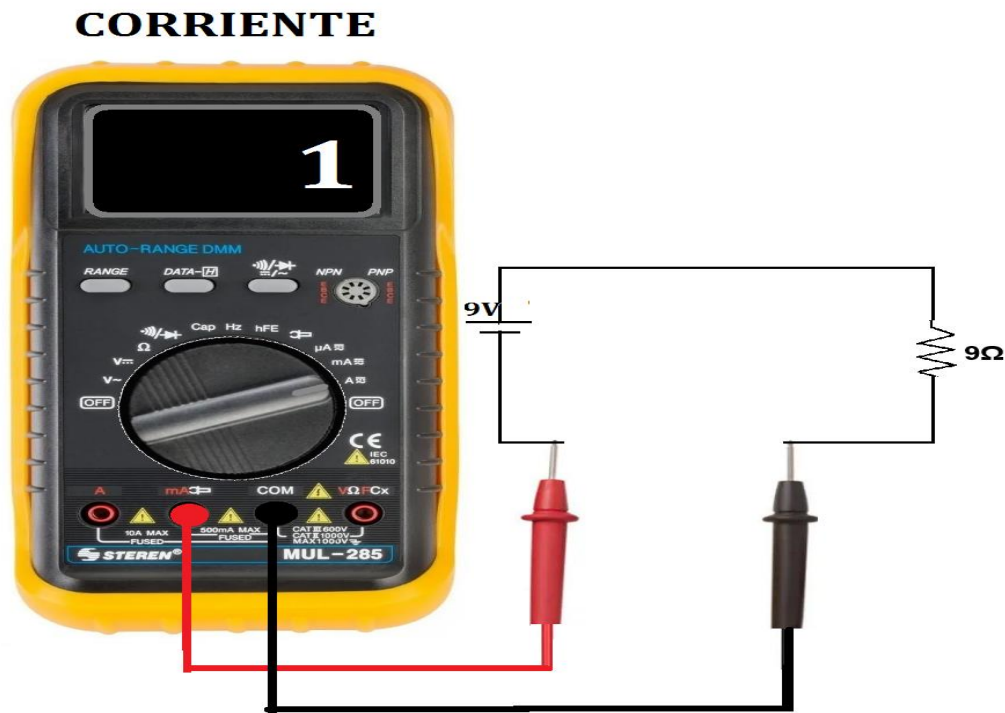


Figura 80. Medición de corriente (Diagrama propio basado en [25]).

- **Medición de voltaje, tensión o diferencia de potencial (voltímetro).**

1. Conectar la punta roja en la terminal (V,  $\Omega$ ).
2. Conectar la punta negra en la terminal COM.
3. Coloca el interruptor en el rango más alto si no se sabe el valor de tensión.
4. Conecta las puntas en la fuente a medir y en paralelo a la carga o componente a ser medido
5. Con rangos pequeños se muestra una lectura inestable del voltaje del elemento que se va a medir cuando aún no han sido conectada la fuente.
6. Cuando la pantalla muestre el numero "1", sube el rango
7. Evita daños al multímetro al no medir voltajes mayores a los soportados por éste. Los valores máximos tanto de voltaje como de corriente que puede medir el aparato generalmente vienen impresos en la caratula de medición.

## VOLTAJE



Figura 81. Medición de voltaje en el multímetro (Diagrama propio basado en [25]).

Se dejan enlaces de páginas de Internet, en caso de requerir información más detallada sobre algunos multímetros, para que pueda descargar los manuales.

- <https://www.steren.com.mx/pub/media/wysiwyg/doctosMX/MUL-005-instr.pdf>
- <http://www.master.com.mx/img/manuales/mpower/DT830B.pdf>
- <https://www.truper.com.mx/pdf/manuales/10401.pdf>

### Anexo 3 Símbolos eléctricos













Nombre electrónico	Símbolos eléctricos	Representación del elemento en el circuito
Fuente De Voltaje C.C		
Fuente De Voltaje CA		
Diodo LED		
Resistor		
Capacitor cilíndrico		
Capacitor lenteja		

Figura 82. Símbolos eléctricos. Diagrama propio basado en [52]

Revisar el enlace de internet, que muestra la gran variedad de símbolos eléctricos.

<https://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-electricos.htm>

Se puede descargar el documento en pdf de la siguiente página:

<https://www.simbologia-electronica.com/electricos-electronicos-pdf/simbologia%20electronica%20basica.pdf>

## Anexo 4 Funcionamiento del protoboard

El protoboard es una tabla de experimentación que tiene nodos interconectados para poder conectar componentes eléctricos, sirve para realizar pruebas de circuitos sin tener que soldar, ver figura 83, [53].

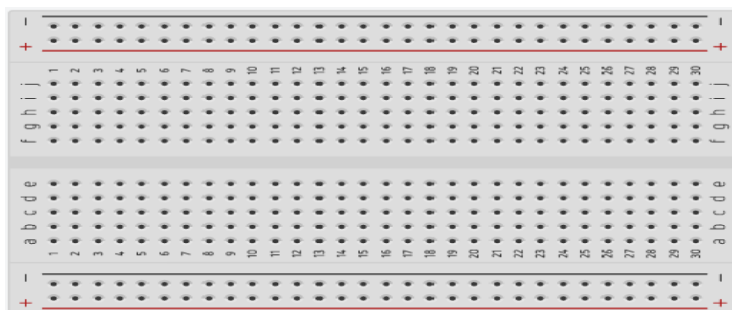


Figura 83. Protoboard [27].

### A. Alimentación de voltaje

1. Las líneas horizontales 1, 2, 3 y 4 sirven para la alimentación del circuito, es decir, donde se conecta el voltaje, como se muestra en la figura 4.2.
2. Las líneas horizontales 1 y 3 son positivas y las líneas horizontales 2 y 4 son negativas. Se recomienda realizar un puente o conexión de 1 a 3 y de 2 a 4 para que el protoboard se encuentre alimentado en su totalidad y se pueda ocupar cualquier línea horizontal como alimentación ver figura 84.

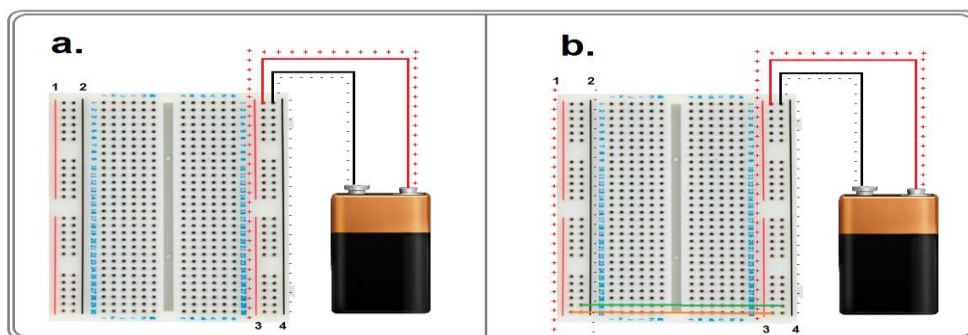


Figura 84. Conexión positiva y negativa en el protoboard (Diagrama propio basado en [27]).

## B. Conexión vertical de la protoboard

1. Las líneas verticales representan a un solo nodo en la protoboard, este nodo permite la conexión con cinco elementos distintos o más si se hacen los puentes entre las líneas verticales para conectarlos.
2. La conexión entre las líneas verticales permite que nodos diferentes se interconecten a través de algún dispositivo como un resistor o un capacitor, ver figura 85.

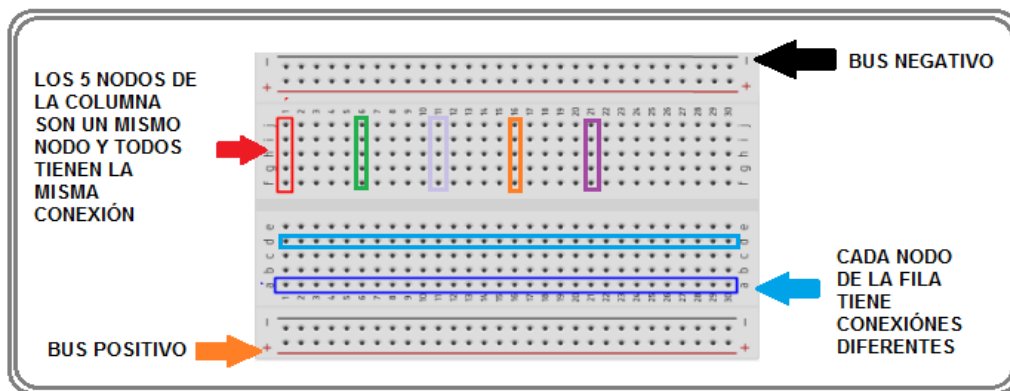
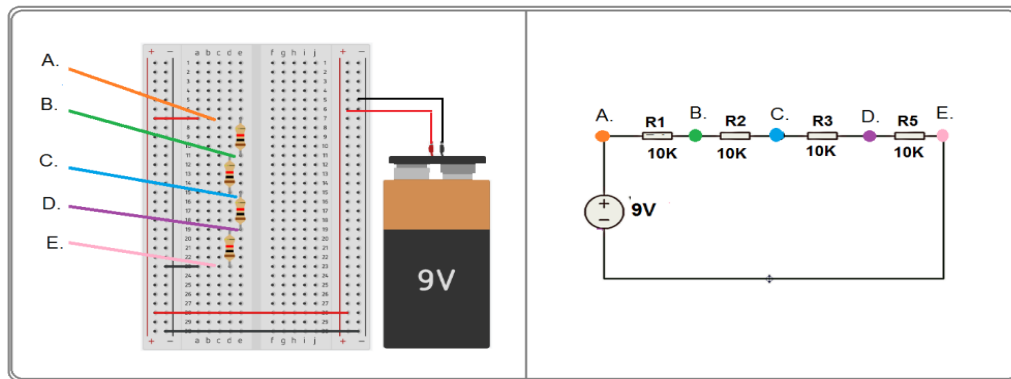


Figura 85. Conexión de 5 nodos vertical (Diagrama propio basado en [27]).

## C. Conexión en serie con resistores

Figura 86. Ejemplo de conexión en serie (Diagrama propio basado en [27]).

## D. Conexión en paralelo con resistores

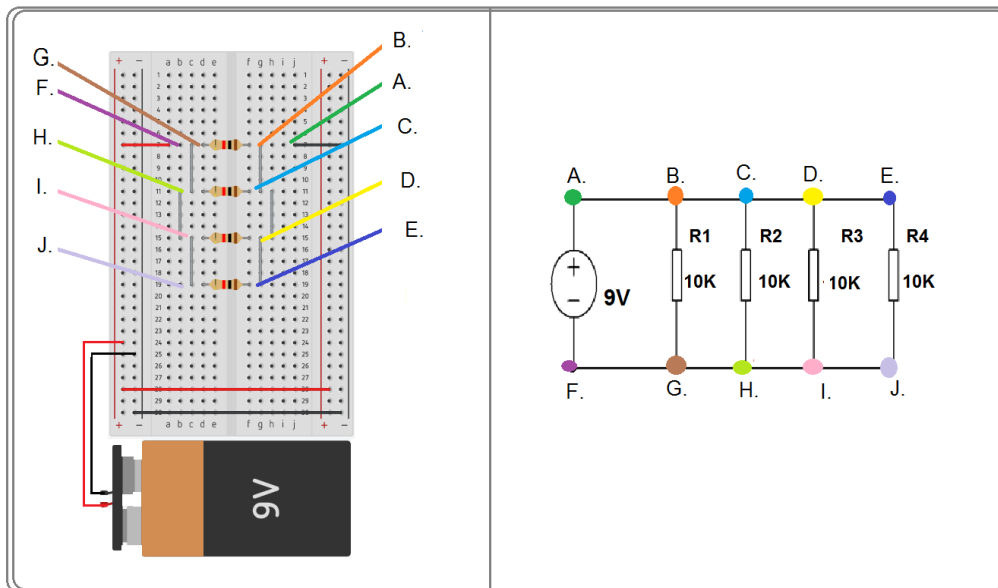


Figura 87. Ejemplo de conexión en serie (Diagrama propio basado en [27]).

## Anexo 5 Resistores

### 1. Tabla de valores del Resistor [54].

COLORES	1ra Banda	2da Banda	3ra Banda	Multiplicador	Tolerancia %
Negro	0	0	0	x1	
Café	1	1	1	x10	
Rojo	2	2	2	x100	2%
Naranja	3	3	3	x1000	
Amarillo	4	4	4	x10000	
Verde	5	5	5	x100000	
Azul	6	6	6	x1000000	
Violeta	7	7	7	x10000000	
Gris	8	8	8	x100000000	
Blanco	9	9	9	x10000000000	
					Dorado 5%
					Plateado 10%

Figura 88. Ttabla de valores de las resistencias comerciales [55].

1 $\Omega$	10 $\Omega$	100 $\Omega$	1 K $\Omega$	10 K $\Omega$	15 $\Omega$	1M
1,2 $\Omega$	12 $\Omega$	120 $\Omega$	1,2 K $\Omega$	12 K $\Omega$	18 $\Omega$	1,2 M $\Omega$
1,5 $\Omega$	15 $\Omega$	150 $\Omega$	1,5 K $\Omega$	15 K $\Omega$	22 $\Omega$	1,5 M $\Omega$
1,8 $\Omega$	18 $\Omega$	180 $\Omega$	1,8 K $\Omega$	18 K $\Omega$	27 $\Omega$	1,8 M $\Omega$
2,2 $\Omega$	22 $\Omega$	220 $\Omega$	2,2 K $\Omega$	22 K $\Omega$	33 $\Omega$	2,2 M $\Omega$
2,7 $\Omega$	27 $\Omega$	270 $\Omega$	2,7 K $\Omega$	27 K $\Omega$	39 $\Omega$	2,7 M $\Omega$
3,3 $\Omega$	33 $\Omega$	330 $\Omega$	3,3 K $\Omega$	33 K $\Omega$	47 $\Omega$	3,3 M $\Omega$
3,9 $\Omega$	39 $\Omega$	390 $\Omega$	3,9 K $\Omega$	39 K $\Omega$	51 $\Omega$	3,9 M $\Omega$
4,7 $\Omega$	47 $\Omega$	470 $\Omega$	4,7 K $\Omega$	47 K $\Omega$	56 $\Omega$	4,7 M $\Omega$
5,1 $\Omega$	51 $\Omega$	510 $\Omega$	5,1 K $\Omega$	51 K $\Omega$	68 $\Omega$	5,1 M $\Omega$
5,6 $\Omega$	56 $\Omega$	560 $\Omega$	5,6 K $\Omega$	56 K $\Omega$	82 $\Omega$	5,6 M $\Omega$
6,8 $\Omega$	68 $\Omega$	680 $\Omega$	6,8 K $\Omega$	68 K $\Omega$	15 $\Omega$	6,8 M $\Omega$
8,2 $\Omega$	82 $\Omega$	820 $\Omega$	8,2 K $\Omega$	82 K $\Omega$	18 $\Omega$	8,2 M $\Omega$
						10 M $\Omega$

Figura 89. Tabla de valores comerciales de resistores [55].

## Anexo 6. Medir voltaje en paralelo y corriente en serie con el multímetro

### Voltímetro:

Los **voltímetros** se conectan en **paralelo** al elemento o dispositivo al que se le va a medir el voltaje [56]

Para medir el voltaje solo coloca las puntas del multímetro en paralelo al elemento que se va a medir, asegúrate de que el rango del voltímetro está en voltaje.

El **voltaje** se mide en paralelo porque queremos saber el voltaje que pasa en ambos lados del elemento y recordar que el **voltaje es la diferencia del potencial entre dos puntos**.

No tiene importancia conectar en serie el voltímetro a un elemento y medir solo los puntos del cable.

El voltímetro tiene una resistencia muy grande, por lo tanto, la corriente decidirá pasar por el dispositivo que tenga una resistencia muy pequeña.

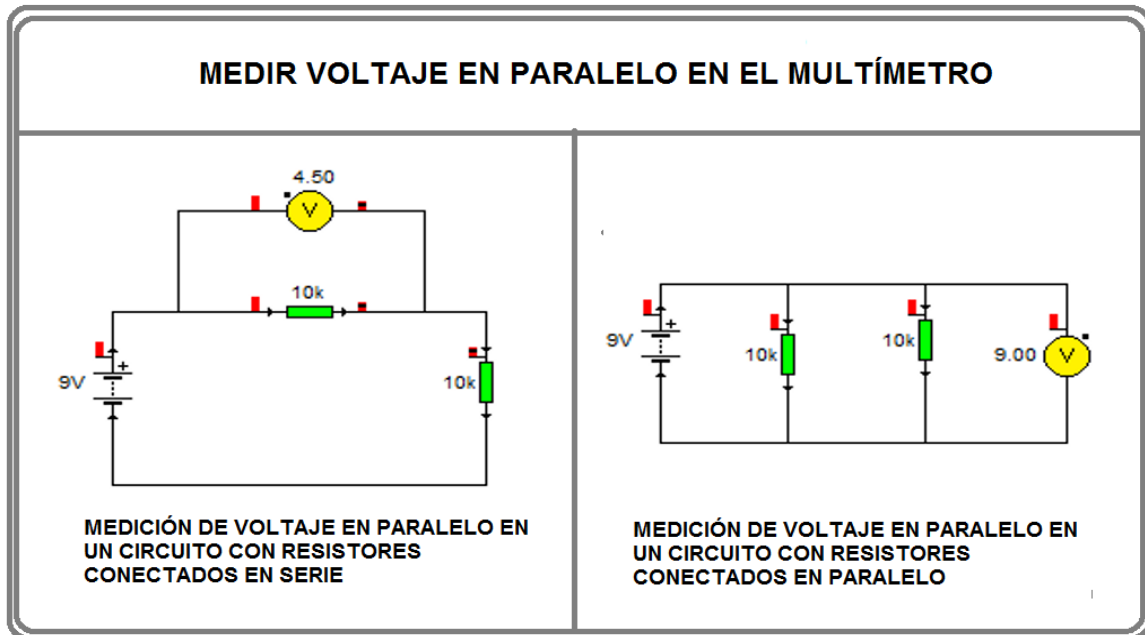


Figura 90. Medición de voltaje en paralelo en un circuito en serie y en paralelo [63].

## Amperímetro

Los **amperímetros** se conectan en serie al elemento o dispositivo al que se va a medir la **corriente**.

para medir la corriente es necesario **abrir el circuito** y conectar el **multímetro** en serie al elemento que se va a medir, porque solo queremos conocer la corriente que pasa por un elemento.

El multímetro tiene una pequeña resistencia, por lo tanto, cuando se abre el circuito y se conecta en serie solo tiene un efecto muy pequeño.

Sin embargo, sí conectamos en paralelo el amperímetro y tiene la resistencia muy pequeña la corriente va a elegir pasar por el multímetro y lo va a dañar.

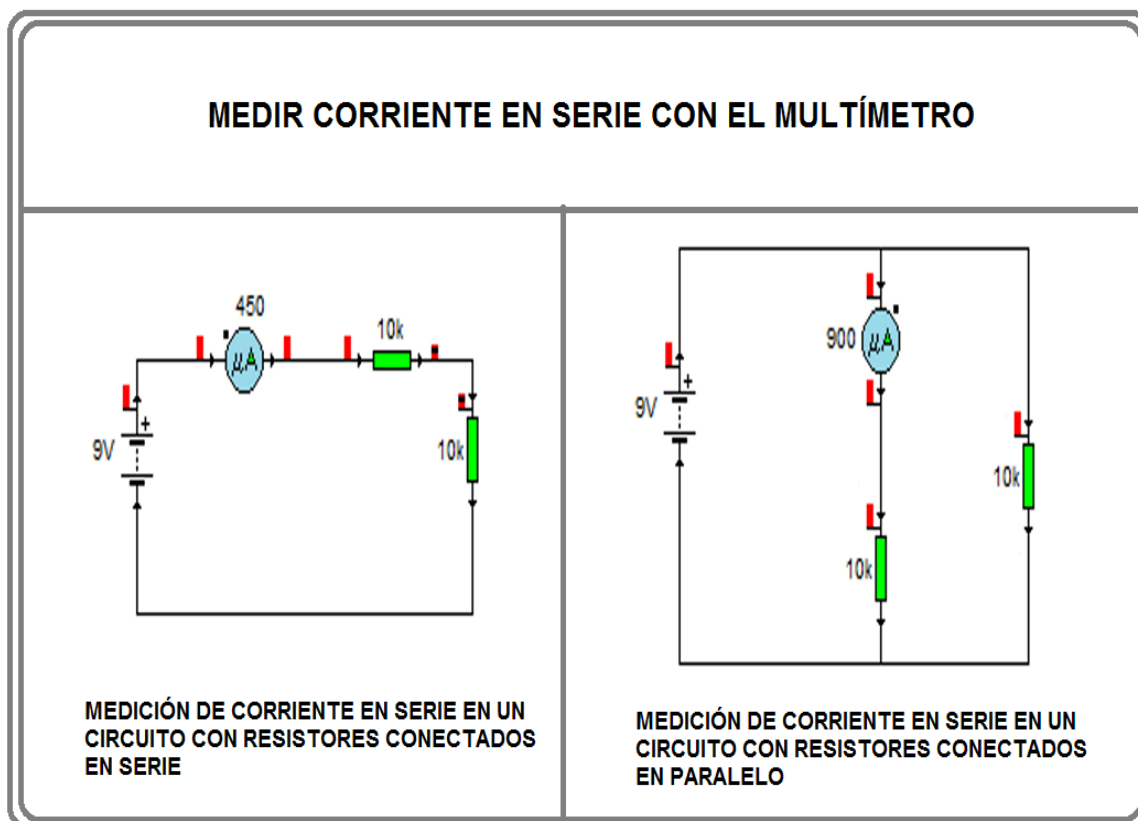


Figura 91. Medición de voltaje en paralelo en un circuito en serie y en paralelo [63].

## Anexo 7 Funciones importantes del osciloscopio

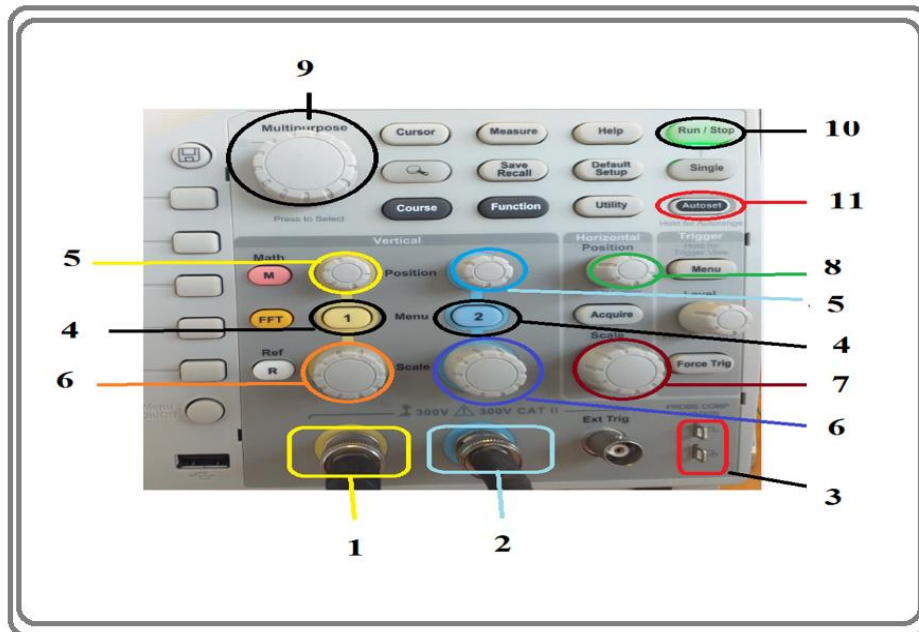


Figura 92. Botones de control del osciloscopio marca Tektronix (Diagrama propio).

1. Entrada para el conector canal 1 (CH1), la señal amarilla.
2. Entrada para el conector canal 2 (CH2), la señal azul.
3. Comprueba que las puntas funcionen correctamente, PROBE COMP, se verifican cada una por separado, si muestra una señal cuadrada indica que esta correcta la punta.
4. Es el Menú y activa o desactiva la señal deseada.
  - Para que muestre el menú presiona una sola vez y aparece en la pantalla del osciloscopio del lado derecho.
  - Para desactivar la señal deseada, se presiona dos veces para que desaparezca de la pantalla.
  - Para activar la señal deseada, solo presiona una vez y muestra la señal nuevamente.

5. Botones de control de posición vertical, sirve para que muevas la gráfica del color deseado hacia arriba y hacia abajo sin modificar la gráfica.
6. Botones SCALE posición vertical, sirve para modificar la amplitud y el voltaje de la gráfica deseada,
  - Si se gira hacia la izquierda la señal aumenta en la amplitud y en el voltaje.
  - Si se gira hacia la derecha la señal aumenta en la amplitud y en el voltaje.
7. Botones SCALE posición horizontal, sirve para modificar la longitud de onda y el tiempo de segundos hasta nano segundos.
  - Si se gira hacia la derecha disminuyen los segundos.
  - Si se gira hacia la izquierda aumentan los segundos.
8. Botón de posición vertical se recorre la gráfica de derecha hacia izquierda o de izquierda a derecha y no modifica la señal.
9. MULTIPURPOSE botón de selección para el MENÚ.
  - Se gira para revisar las opciones del menú que aparezca en la pantalla del osciloscopio.
  - Se posiciona en la opción deseada y se presiona hacia dentro para elegirla.
10. RUN/STOP permite detener las gráficas para observarlas más a detalle.
11. AUTOSET sirve para autoconfigurar las opciones a valores predeterminados del osciloscopio, es decir elimina cualquier configuración realizada.

## Bibliografía

- [1] R. Serway, «Cargas eléctricas,» de *Física Tomo II*, México, Mc Graw Hill, 1993, p. 643.
- [2] P. Hewitt, «La electrostática,» de *Física conceptual*, México, Pearson education, 2004, pp. 534, 551.
- [3] J. Padi, «Curiosoando.com,» Curiosoando, 11 2018. [En línea]. Available: <https://curiosoando.com/que-dice-la-ley-de-coulomb>. [Último acceso: 24 septiembre 2020].
- [4] E. R. H Barco, «Ley de coulumb,» de *Principios de Electricidad y Magnetismo*, México, Colombia, 2012, p. 21.
- [5] PHET, «phetcolorado.edu,» Phet, 2019. [En línea]. Available: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/balloons-and-static-electricity>. [Último acceso: 23 septiembre 2020].
- [6] karamelli, «Globos,» [En línea]. Available: <https://www.mykaramelli.com/pack-de-50-globos-de-latex-rojo-mate/>. [Último acceso: 06 agosto 2020].
- [7] Z. libre.com, «Soporte universal,» [En línea]. Available: <https://www.zonalibre.com.uy/edu-new/images/stories/virtuemart/product/soporte%20universal.jpg>. [Último acceso: agosto 06 2020].
- [8] Image.shutterstock, «nuca,» [En línea]. Available: <https://image.shutterstock.com/image-photo/black-white-shot-man-back-600w-1036395100.jpg>. . [Último acceso: 06 agosto 2020].
- [9] Dbdzm869oupei.cloudfront.net, «Wardrobe confetti sticker,» [En línea]. Available: <https://dbdzm869oupei.cloudfront.net/img/sticker/preview/7443.png>. . [Último acceso: 06 agosto 2020].
- [10] Es.uline.mx, «envase de vidrio,» [En línea]. Available: [https://es.uline.mx/Product/Detail/S-18075/Jars/Clear-PET-Round-Wide-Mouth-Plastic-Jars-32-oz?pricode=WB7428&gadtype=pla&id=S-18075&gclid=EAlaIqobChMIku6N6aOH6wIVmK\\_ICh1duw6hEAQYAiABEgJ7EVD\\_BwE&gclsrc=aw.ds..](https://es.uline.mx/Product/Detail/S-18075/Jars/Clear-PET-Round-Wide-Mouth-Plastic-Jars-32-oz?pricode=WB7428&gadtype=pla&id=S-18075&gclid=EAlaIqobChMIku6N6aOH6wIVmK_ICh1duw6hEAQYAiABEgJ7EVD_BwE&gclsrc=aw.ds..) [Último acceso: 06 agosto 2020].
- [11] J. F. H. E. y. G. R Serway, «Campo eléctrico,» de *Física 5th ed.*, México, Mc Graw Hill, 2001, pp. 649,650,651.
- [12] P. Hewitt, «Campo eléctrico,» de *Física conceptual 10th ed.* , México, Pearson Education, 2004, pp. 421,422,425,427,429,430.

- [13] P. y. r. s. l. CEM, «Español.aeptexas.com,» [En línea]. Available: <https://espanol.aeptexas.com/info/projects/emf/QA.aspx>. [Último acceso: 26 septiembre 2020].
- [14] Calderón, «Las aplicaciones de la fuerza y el campo eléctrico,» prezi.com, [En línea]. Available: <https://prezi.com/lIxrnjgbeeam/las-aplicaciones-de-la-fuerza-y-el-campo-electrico>. [Último acceso: 26 septiembre 2020].
- [15] D. d. f. aplicada, «Campo eléctrico y ley de Gauss,» Wiki, Universidad de Sevilla, 2 abril 2013. [En línea]. Available: [https://lh3.googleusercontent.com/proxy/Xyp3fUINyZnvjJelAre2AMZ2CFloslORXJXXg5lhmu-obhdld\\_p31sU21o52kOpUGaKa9cWIOexE\\_xUu4EQKApYJbwG906mox-3mADnKYVDIOczzPY7aA](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/Xyp3fUINyZnvjJelAre2AMZ2CFloslORXJXXg5lhmu-obhdld_p31sU21o52kOpUGaKa9cWIOexE_xUu4EQKApYJbwG906mox-3mADnKYVDIOczzPY7aA). [Último acceso: 26 septiembre 2020].
- [16] PHET COLORADO, «Cargas y campos,» 2019. [En línea]. Available: [https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_es.html). [Último acceso: 23 septiembre 2020].
- [17] Hewitt, «Capacitancia,» de *Física conceptual*, México, Pearson Educación, 2007, p. 428 y 429.
- [18] R. Serway, «Capacitancia,» de *Physics for scientist and engineer 5ta ed.*, México, Mc Graw Hill, 2002, pp. 804, 805, y 806.
- [19] Z. y. Freedman, «Capacitancia y dieléctricos,» de *Física Universitaria con Física moderna*, México, Pearson Education, 2004, p. 815 y 816.
- [20] «Cámara Fotográfica,» Conoce el mundo de la fotografía, [En línea]. Available: <https://conocelafotografia.com/wp-content/uploads/flash3.jpg>. [Último acceso: 11 10 2020].
- [21] PHET, «Simulación del capacitor,» Phet colorado, 2019. [En línea]. Available: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/capacitor-lab>. [Último acceso: 11 10 2020].
- [22] UNAM, «Características de la capacitancia,» Depa Fquim, 2019. [En línea]. Available: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Antologia-Edo-Sol\\_32006.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Antologia-Edo-Sol_32006.pdf). [Último acceso: 17 10 2020].
- [23] desconocido, «Medir voltaje y capacitancia en capacitores,» Pinterest, 2020. [En línea]. Available: <https://picpicdekpics.online/%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8E/>. [Último acceso: 17 10 2020].

- [24] C. Platt, «Creación de un capacitor,» Create Squeezable Musical Instrument, 2016. [En línea]. Available: Create Squeezable Musical Instrument. [Último acceso: 11 10 2020].
- [25] Steren, «Multímetro,» Steren, 2020. [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-621673692-multimetro-digital-profesional-autorango-mul-285-\\_JM#reco\\_item\\_pos=17&reco\\_backend=machinalis-pads&reco\\_backend\\_type=low\\_level&reco\\_client=vip-pads-related&reco\\_id=50862a14-857b-41dc-b85b-630a774abf8f&is\\_](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-621673692-multimetro-digital-profesional-autorango-mul-285-_JM#reco_item_pos=17&reco_backend=machinalis-pads&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-pads-related&reco_id=50862a14-857b-41dc-b85b-630a774abf8f&is_). [Último acceso: 18 10 2020].
- [26] R. Luis, «Circuitos de prueba en capacitores,» Xbot E\_basica, 2019. [En línea]. Available: <http://r-luis.xbot.es/ebasica/eb05.html>. [Último acceso: 11 10 2020].
- [27] A. t. cad, «Circuitos electronicos 3D,» tinkercad, 2020. [En línea]. Available: <https://www.tinkercad.com/dashboard>. [Último acceso: 12 10 2020].
- [28] A. Hernández, «La ley de Ohm,» Taller de electronica.com/blog, 07 03 2015. [En línea]. Available: <https://tallerelectronica.com/2015/03/07/la-ley-de-ohm-con-ejemplos-practicos/>. [Último acceso: 2020 09 2020].
- [29] R. Boleystad, «Voltaje, corriente y resistencia.,» de *Introducción al análisis de circuitos*, México, Pearson Educación de México, 2004, pp. 37, 40, 59.
- [30] R. B. R. Serway, «Modern physics 5ta ed.,» de *Voltaje, corriente y resistencia*, México, Mc Graw Hill, 2002, pp. 770,841 y 845.
- [31] R. Casafont, «Código de resistores.,» portafolia1, 25 10 2015. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/portafolia1ramoncasafont/home/indice/circuitos-en-serie-paralelo-y-mixtos>. [Último acceso: 25 11 2020].
- [32] C. clips3.5, «Electropiensa,» Cocodrile, 2019. [En línea]. Available: <https://electropiensa.wordpress.com/descargar-crocodile-clip-v3-5/>. [Último acceso: 25 11 2020].
- [33] tinkercad.com, «circuitos en 3d,» <https://www.tinkercad.com/>, 2020. [En línea]. Available: <https://www.tinkercad.com/>. [Último acceso: 24 11 2020].
- [34] Proteus, «programa proteus,» proteus electronic, 2020. [En línea]. Available: <https://proteus-lite.programas-gratis.net/>. [Último acceso: 25 11 2020].
- [35] S. Raymond, «Campos magneticos,» de *Física para ciencias e ingeniería*, México, Mc Graw Hill, 2002, pp. 905, 906 y 907.
- [36] A. L. Elio Lazaro, «Campo magnético terrestre,» ECURED, 2019. [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Campo\\_magn%C3%A9tico\\_terrestre](https://www.ecured.cu/Campo_magn%C3%A9tico_terrestre). [Último acceso: 21 11 2020].

- [37] Webnode.es, «Resonancia magnética ¿Cómo funciona?,» 2015. [En línea]. Available: <https://biofisica-resonancia-magnetica.webnode.es/%C2%BFcomo-funciona/>. [Último acceso: 27 noviembre 2020].
- [38] N. H. M. F. Laboratory, «Aprendiendo sobre los imanes,» 2020. [En línea]. Available: [https://nationalmaglab.org/images/education/magnet\\_academy/searchable\\_docs/activities/activity\\_book\\_spanish.pdf](https://nationalmaglab.org/images/education/magnet_academy/searchable_docs/activities/activity_book_spanish.pdf). [Último acceso: 20 noviembre 2020].
- [39] R. Serway, «Fuerza magnetica,» de *Física para ciencias e ingeniería, tomo 2*, México, Mc Graw Hill, quinta edición, 2002, p. 908.
- [40] R. A. Serway, «Regla de la mano derecha,» de *Física para ciencias e ingeniería, tomo II*, México, Mc Graw Hill, 2002, p. 908.
- [41] M. (Nazareth), «Imagen Ley de lenz, regla de la mano derecha, sentido de la corriente y fuerza eléctrica,» enero 2014. [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos99/tipos-corrientes-magneticas/tipos-corrientes-magneticas.shtml>. [Último acceso: 20 noviembre 2020].
- [42] P. G. Hewitt, «Electroimán,» de *Física conceptual*, México, Pearsón educación, 10 ma edición, 2007, p. 465.
- [43] Taringa, «imagen Electroimán,» Taringa.net, 18 marzo 2012. [En línea]. Available: <https://k45.kn3.net/71E2CE66B.jpg>. [Último acceso: 23 noviembre 2020].
- [44] R. A. Serway, «Induccion electromagnética, Ley de Faraday,» de *Física para ciencias e Ingeniería, tomo II*, México, Mc Graw Hill, 5ta edición, 2002, p. 982.
- [45] P. G. Hewitt, «Induccion electromagnética,» de *Física conceptual*, México, Pearson educación, 2007, p. 477.
- [46] P. colorado, «Ley de faraday, Induccion electromagnética,» Phet. colorado.edu, 2019. [En línea]. Available: [https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_es.html). [Último acceso: 23 11 2020].
- [47] Bioquimica.cl, «Construye un electroimán,» bioquimica, 2017. [En línea]. Available: <https://blog.bioquimica.cl/wp-content/uploads/2017/11/imagen-destacada-post-Noviembre-Experimento-electromagnetico-800x437.jpg>. [Último acceso: 23 11 2020].
- [48] Dyndns.org, «Los filtros pasivos de primer orden,» 2018. [En línea]. Available: <http://elemariamoliner.dyndns.org/~jsalgado/analogica/6CA-filtros.pdf>. [Último acceso: 21 11 2020].
- [49] R. YARD, «ECUALIZADOR,» THE OFFICIAL OWC BLOG, 2019. [En línea]. Available: <https://eshop.macsales.com/blog/62178-how-to-eq-the-system-audio-on-a-mac/>. [Último acceso: 23 11 2020].

- [50] M. M. Garrido, «Materiales para demostraciones prácticas en el ámbito del Electromagnetismo,» 2004. [En línea]. Available: <http://www.ele.cie.uva.es>. . [Último acceso: 10 octubre 2020].
- [51] Steren, «Instrucciones de operación y medición del multímetro.,» Steren, 2019. [En línea]. Available: <https://www.steren.com.mx/pub/media/wysiwyg/doctosMX/MUL-005-instr.pdf>. . [Último acceso: 17 10 2020].
- [52] S. electrónicos, «Índice de Símbolos Eléctricos y Electrónicos,» Simbologia electronica.com, 2019. [En línea]. Available: <https://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-electricos.htm>.. [Último acceso: 17 10 2020].
- [53] uba, «Funcionamiento de un protoboard,» Instrumentacion.qi.fcen.uba.ar, 2019. [En línea]. Available: <http://instrumentacion.qi.fcen.uba.ar/docs/protoboard.pdf>. . [Último acceso: 11 10 2020].
- [54] m. chips, «Código de colores de las resistencias,» Mecatronius, 30 09 2015. [En línea]. Available: <http://chips.mecatronium.com/codigo-de-colores-de-las-resistencias/>. [Último acceso: 15 10 2020].
- [55] E. Y. E. D. MILAGRO, «Valores comerciales de resistencias,» ELECTRÓNICA Y ELECTRICIDAD DEL MILAGRO, 11 11 2017. [En línea]. Available: <http://electronicadelmilagro.blogspot.com/2017/11/valores-comerciales-de-resistencias.html>. [Último acceso: 15 09 2020].
- [56] Prieto, «voltímetros y amperímetro,» Khan academic, 2019. [En línea]. Available: <https://es.khanacademy.org/science/physics/circuits-topic/circuits-resistance/v/voltmeters-and-ammeters>. [Último acceso: 05 noviembre 2020].
- [57] img.freepik.com, «La cola de refresco,» [En línea]. Available: [https://img.freepik.com/foto-gratis/cola-refresco-roja-blanco-puede-fondo-gris-espacio-copia\\_25920-39.jpg?size=626&ext=jpg](https://img.freepik.com/foto-gratis/cola-refresco-roja-blanco-puede-fondo-gris-espacio-copia_25920-39.jpg?size=626&ext=jpg).. [Último acceso: 06 agosto 2020].
- [58] I. A. R. Castaño, «UNNE- Facultad de Ingeniería, pag 12,» 2008. [En línea]. Available: <http://ing.unne.edu.ar/pub/fisica3/170308/teo/teo2.pdf>. [Último acceso: 29 septiembre 2020].
- [59] O. Inchausty, «Generador Van de Graaff,» 23 junio 2017. [En línea]. Available: [https://1.bp.blogspot.com/-XaFktW6180E/WU0KcBOuH8I/AAAAAAAAAoE/-XRAWmR\\_f2Qg53uGnPfwYS2AhEWkcg8\\_ACEwYBhgL/s400/Generador\\_de\\_Van\\_de\\_Graaff\\_2.jpg](https://1.bp.blogspot.com/-XaFktW6180E/WU0KcBOuH8I/AAAAAAAAAoE/-XRAWmR_f2Qg53uGnPfwYS2AhEWkcg8_ACEwYBhgL/s400/Generador_de_Van_de_Graaff_2.jpg). [Último acceso: 29 septiembre 2020].
- [60] SEPENDICI, «tabla triboelectrica,» agosto 2010. [En línea]. Available: <https://4.bp.blogspot.com/->

tW\_eufpmMlw/WAJSqOHTlGI/AAAAAAACTg/xvDfbZXCK2kEeoG8n0iiUX3dkXX4qVINQCLcB/s400/A1%2B-%2BCopy.png. [Último acceso: 10 octubre 2020].

- [61] R. Jofre, «Xerografía,» Como funciona .org, 03 agosto 2020. [En línea]. Available: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e8/Xerographic\\_photocopy\\_process\\_es.svg/220px-Xerographic\\_photocopy\\_process\\_es.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e8/Xerographic_photocopy_process_es.svg/220px-Xerographic_photocopy_process_es.svg.png). [Último acceso: 05 septiembre 2020].
- [62] J. Cristian, «¿Cómo funciona una fotocopidora?,» 247 tecno, donde la tecnología te encuentra, 21 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://247tecno.com/wp-content/uploads/2017/10/xero.jpg>. [Último acceso: 06 Agosto 2020].
- [63] Cocodrile, «Electropiensa,» cocodrile clips 3.5, 2019. [En línea]. Available: <https://electropiensa.wordpress.com/descargar-crocodile-clip-v3-5/>: Electropiensa. [Último acceso: 2020].
- [64] c. phet, «Construcción de circuitos KIT DC,» phet colorado, 2019. [En línea]. Available: [https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_en.html). [Último acceso: 21 11 2020].