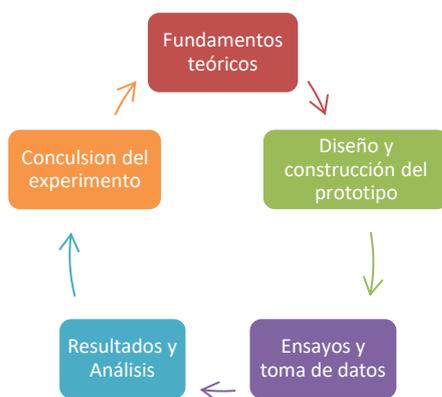


# CÁLCULO DE LA CARGA ELÉCTRICA, INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO Y CAPACITANCIA DEL GENERADOR DE VAN DER GRAAFF

Daniel Cevallos, Jonathan Cují, Marcia Morales  
 Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador  
 Departamento de Energía y Mecánica, Departamento de Ciencias Exactas  
 [fdcevallos1, jicují, mjmorales]@espe.edu.ec

## Resumen Gráfico



## Resumen:

En el presente trabajo se muestra la elaboración de un generador de Van Der Graaff casero con materiales reciclados y de bajo costo, con el fin de ilustrar los fenómenos electrostáticos tales como cargas electrostáticas y el campo electrostático, dichos fenómenos son descritos mediante las ecuaciones matemáticas que rige a la Electrostática para lo que el generador funciona con un voltaje de 15v definido por un motor que esta acoplado a una cinta móvil que puede acumular cantidades de carga eléctrica en el interior del cilindro metálica hueco. Este método didáctico puede ser aplicado a cualquier tema de la Física.

*Palabras clave: carga electrostática, campo eléctrico,*

## Abstract

In the present work the elaboration of a home Van Der Graaff generator with recycled materials and of low cost is shown, in order to illustrate the electrostatic phenomena such as electrostatic charges and the electrostatic field, these phenomena are described by the mathematical equations that It governs Electrostatics for which the generator operates with a voltage of 15v defined by an engine that is coupled to a moving belt that can accumulate quantities of electric charge inside the hollow metal cylinder. This didactic method can be applied to any topic of Physics.

*Keywords: electrostatic charge, electric field, electrostatic.*

## 1.0 INTRODUCCIÓN

Para poder entender cómo funcionan los fenómenos que se generan en la naturaleza es necesario desarrollar instrumentos que permitan generar

experimentos mediante los cuales sean fáciles observar las características y la evolución de estos fenómenos más a un los que se encuentran enfocados a la Electroestática.

Por tal motivo se construye un generador de Van de Graaff con el objetivo de observar el comportamiento del campo eléctrico y la capacitancia.

El generador de Van de Graaff es un generador de corriente continua fue construido en el año de 1929 por el físico Robert J. Van de Graaff su aplicación inicial fue en el área de la Física Nuclear cuyo objetivo era el de acelerar partículas (iones positivos) las mismas que chocaban contra blancos fijos a gran velocidad [1].

A nivel académico para demostraciones de algunos fenómenos electrostáticos, desde un enfoque práctico permite visualizar el comportamiento de los cuerpos cargados ya sea de cargas igual o diferente y siendo la fuerza electrostática, la que nos permite medir de forma cuantitativa este tipo de interacción.

Con la finalidad de conocer las cualidades positivas de este instrumento (figura 1) y de contar con una herramienta que facilite la investigación de algunos fenómenos electrostáticos, se construye un generador de Van de Graaff con elementos reciclados de bajo costo.



**Figura 1.** Generador de Van Der Graaff [2].

## 1.1 FUNDAMENTACIÓN TEORICA

### 1.1.1 Principios en que se basa el generador

Faraday explicó cómo se genera la transferencia de cargas a una esfera hueca. Cuando se transfiere carga a una esfera tocando en su interior, todas las cargas van a la esfera debido a la fuerza de repulsión para de esta manera pasan a una nueva superficie externa [3]. Esto no ocurre si tratamos de pasarle carga a una esfera tocando en su cara exterior con un objeto cargado. De esta manera no pasa toda la carga.

### 1.1.2 Efecto de puntas

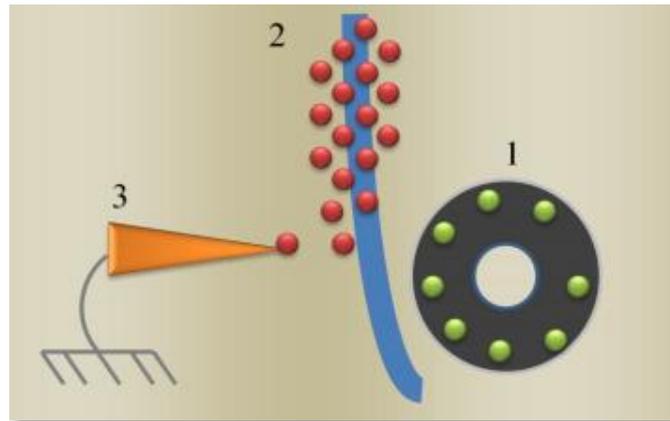
Este efecto fue descubierto por Benjamín Franklin y se produce por la acumulación de cargas eléctricas en cuerpos que terminan en punta, debido a que la densidad de carga es muy alta y en las proximidades de esta se genera un intenso campo eléctrico que ioniza el aire. Este efecto es la base del pararrayos publicado en 1753 [4].

Los pararrayos en sus inicios fueron contruidos por una varilla colocada en la parte alta de los edificios y conectada a tierra por medio de un cable conductor. En la punta del pararrayos se ioniza el aire y por esa parte del aire, se desplaza el rayo. Si se produce una descarga la chispa es conducida a tierra a lo largo del cable [5].

### 1.1.3 Funcionamiento

Se considera un material para el rodillo inferior y otro diferente para la cinta para que de esta forma ayude en el fenómeno de electrización. Estos dos elementos adquieren densidad de carga igual y de signo opuesto, al ser de signo contrario se repelen evitando que la carga se quede en el rodillo transportándolo hacia el otro [5].

Esto hace que, la densidad de carga aumente en la parte superior de la polea que en la cinta, ya que las cargas ocupan por toda la superficie. Al elegir los materiales de la cinta y de la superficie del rodillo cuyo objetivo es que la cinta adquiera una carga negativa y la superficie de la polea una carga positiva como se muestra en la figura 2 [6].



**Figura 2.** La banda con carga diferente [2].

Se ubicara la punta de aguja metálica junto a la superficie de la cinta, a la altura de su eje. Al colocar la punta de aguja con la superficie de la polea esta acción da origen a un campo eléctrico de gran intensidad [7]. El espacio comprendido entre estos elementos tiende a ionizarse, de tal forma que se crea un ente conductor por el que circulan las cargas desde la punta metálica hacia la cinta.

Por acción de este fenómeno los electrones son llevados hacia la superficie de la polea, pero en el camino se encuentra la cinta conductora, y por tanto las cargas se ubican en la superficie, anulando en parte a los protones de la polea. Como la cinta gira por tanto, el proceso comienza de nuevo. Las poleas giran en sentidos opuestos, debido a esto no puede tener protones. Por tal motivo tendrá solo electrones o ser eléctricamente neutra [8].

En la parte superior de nuestro generador consta de un rodillo de teflón que se carga negativamente por contacto con la correa. Este rodillo repele a los electrones que llegan por la cara externa de la correa. El peine situado a una distancia muy pequeña frente a la correa produce un campo eléctrico inducido por parte de la carga del cilindro y de valor intenso por efecto de las puntas. De esta manera las puntas del peine se cargan de protones y los electrones se van hacia el interior de la esfera [9].

Un generador de Van der Graaff no funciona en el vacío. La eficiencia de este generador depende de los materiales que se utilice en la construcción de los rodillos y de la correa. El generador puede lograr una carga más alta de la

esfera si el rodillo superior se carga con electrones e induce en el peine protones que crean un campo eléctrico de gran intensidad frente a él y contribuyen a que los electrones se vayan hacia la parte interna de la esfera [10].

Para poder cambiar la polaridad de las cargas que transporta la cinta se puede hacer uso de otros materiales tanto para la polea inferior y para la cinta [11].

## 2.0 EXPERIMENTAL

### 2.1 Tabulación de datos de variables independientes

En la tabla 1 se muestran las variables de las constantes físicas ya establecidas y de los datos obtenidos de las mediciones del generador de Van Der Graaff necesarias para la realización de los cálculos de los siguientes parámetros físicos: carga eléctrica, intensidad de campo eléctrico y capacitancia del generador de Van der Graaff.

Tabla 1. Variables independientes

Parámetro Físico	Dimensión	Símbolo	Valor	Unidades
Radio de la esfera	L	R	0,02166	m
Coefficiente de permitividad	$M^{-1}L^{-3}T^4I^2$	$\epsilon_0$	$8,8541 \times 10^{-12}$	$\frac{C^2}{Nm^2}$
Voltaje	$ML^2T^{-3}I^{-1}$	V	0.3	V
Constante eléctrica	$ML^3T^{-4}I^{-2}$	K	$9 \times 10^9$	$\frac{Nm^2}{C^2}$

## 2.2 Cálculos

A continuación, se presentan los cálculos respectivos de los parámetros físicos a tratar.

### 2.2.1 Cálculo de la intensidad de la carga eléctrica

La intensidad de carga eléctrica es la intensidad de fuerza de atracción y repulsión entre las partículas.

Si:

- $V = \text{Voltaje}$
- $Q = \text{Carga Eléctrica}$
- $R = \text{Radio}$
- $\epsilon_0 = \text{Constante de permitividad}$

Entonces la carga se relaciona mediante la fórmula:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \tag{1}$$

$$Q = (V)(4\pi)(\epsilon_0)(R)$$

$$Q = (0.3)(4\pi)(8,8541 \times 10^{-12})(0.02166)$$

$$Q = 7.23 \times 10^{-13} C$$

En la figura 3 se muestra el análisis estadístico de los datos tomados correspondientes a la carga eléctrica que se produce en el generador, en los cuales muestra los márgenes de error que se da por cada toma de medición.

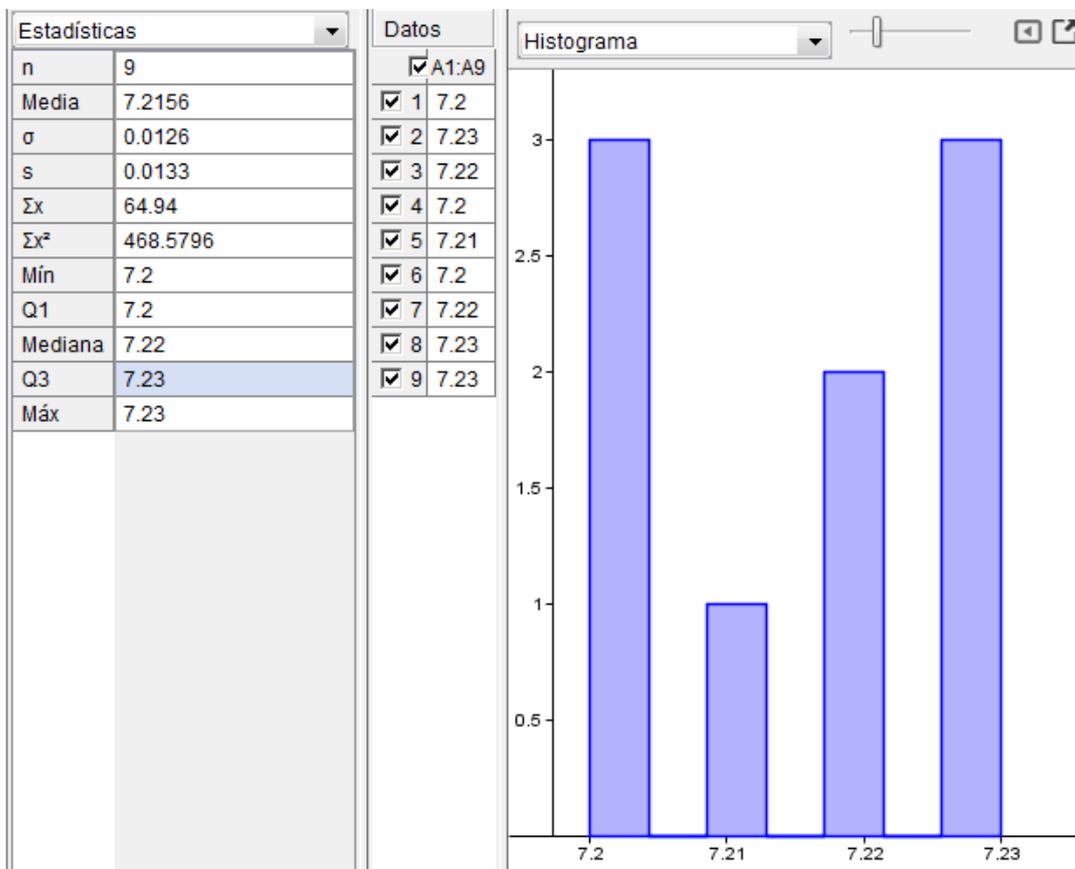


Figura 3. Análisis estadístico de la carga eléctrica. Fuente Propia

### 2.2.2 Cálculo de la intensidad del campo eléctrico

El campo eléctrico es la región del espacio que rodea una carga eléctrica estática.

Si:

- E=campo eléctrico
- Q=carga eléctrica
- K=constante eléctrica
- R=radio

El campo eléctrico es:

$$E = \frac{k Q}{R^2} \tag{2}$$

$$E = \frac{(9 \times 10^9)(7.23 \times 10^{-13})}{0.02166^2}$$

$$E = 13.87 \frac{N}{C}$$

En la figura 4 se muestra la confiabilidad de la toma de datos y la comparación con los datos que se calcula con la fórmula y por tanto se considera que el generador tiene un margen de error pequeño.

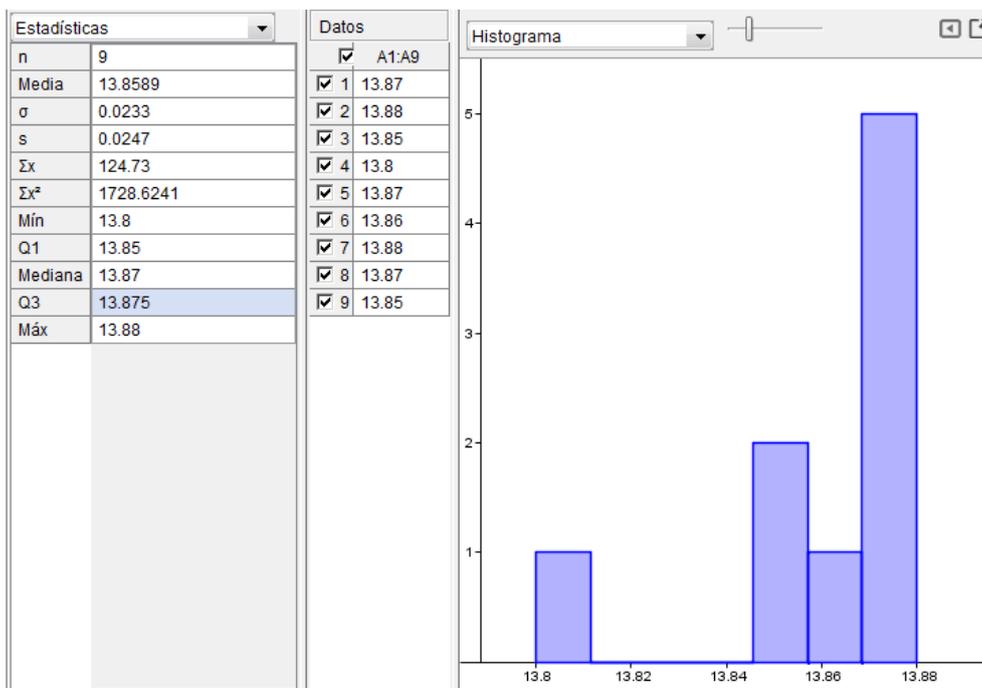


Figura 4. Análisis estadístico del campo eléctrico. Fuente Propia

### 2. 2.3 Calculo de la capacitancia

La capacitancia es la capacidad que tiene un dispositivo para almacenar carga eléctrica.

Si:

- C=capacitancia
- Q= carga eléctrica
- V=voltaje

La capacitancia se calcula como:

$$c = \frac{q}{v} \tag{3}$$

$$c = \frac{(7.23 \times 10^{-13})}{0.3}$$

$$c = 2.41 \times 10^{-12} f$$

La figura 5 muestra los datos de la capacitancia con su respectivo análisis estadístico que al igual de las otras variables muestra que el generador puede dar datos confiables tanto de Carga, Campo Eléctrico y Capacitancia.

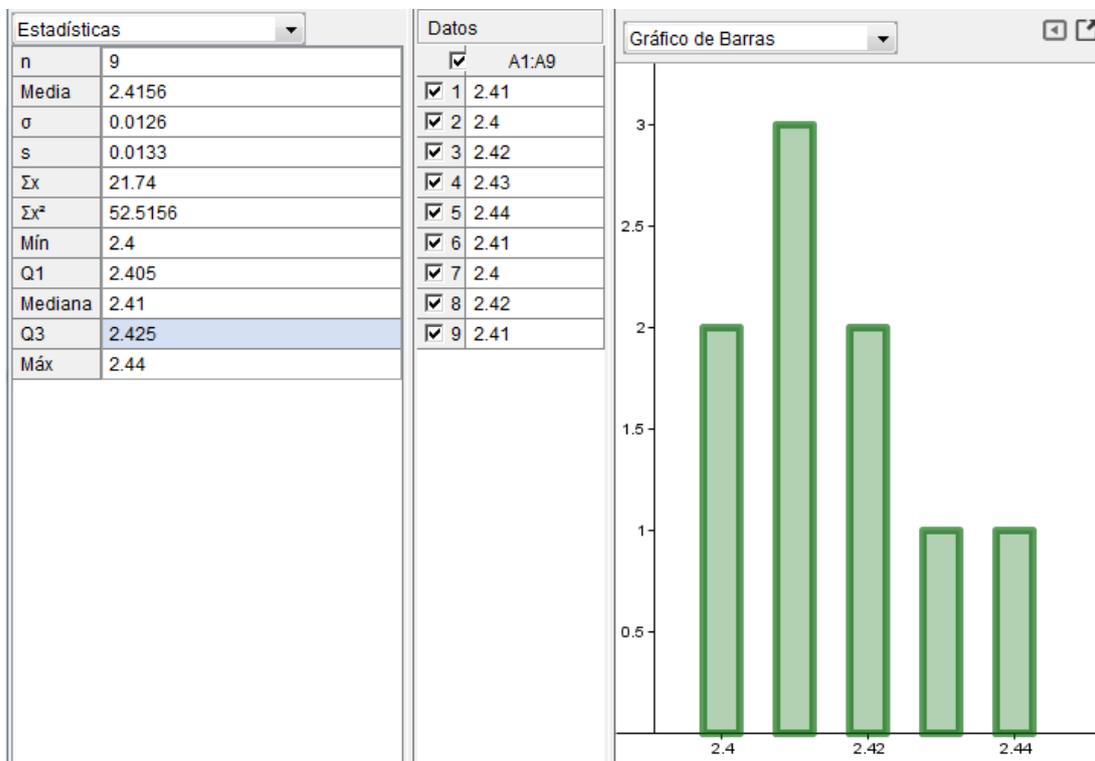


Figura 5. Análisis estadístico de la capacitancia. Fuente Propia

### 3.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Descripción de la construcción del Generador de Van Der Graaff

En la construcción del generador se usó un motor de 12v el cual se conectó a un rodillo para impulsar una cinta de fomix en el interior de un recipiente cilíndrico de plástico haciéndolo girar en el interior , todo se ubicó en su lugar con silicona, luego en la parte superior del recipiente cilíndrico se colocó una lata de aluminio conectado con un cable de cobre y el otro extremo del cable unido a la parte superior de la cinta de fomix por consiguiente en la parte inferior de la cinta del fomix se une otro cable de cobre y el otro extremo del cable va conectado hacia la fase negativa de una fuente de poder de 15 v de entrada permitiendo que al girar la cinta transporte una carga negativa que será recogida por el cable de cobre de la parte superior de la cinta y transmitida hacia la lata de aluminio.



**Figura 6.** Maqueta finalizada del generador de Van Der Graaff. Fuente Propia.

- Accionamos el generador de Van Der Graaff.
- Tomamos la medida del voltaje que se genera en el generador.
- Medimos el radio del cilindro.

#### 3.2 Resultados

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de los cálculos anteriormente realizados.

Tabla 2. Parámetros físicos calculados

Parámetro Físico	Dimensión	Símbolo	Valor	Unidades
Carga eléctrica	$T \cdot I$	Q	$7.23 \times 10^{-13}$	C
Intensidad de campo eléctrico	$L M T^{-3} I^{-1}$	E	13.87	N/C
Capacitancia	$L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$	C	$2.41 \times 10^{-12}$	f

### 3.3 Descripción gráfica

El generador apagado y encendido se aprecia en las figuras 7 y 8.



Figura 7. . Maqueta del generador de Van Der Graaff apagado. Fuente Propia



Figura 8. Maqueta del generador de Van Der Graaff encendido. Fuente Propia

### 3.4 Análisis

Se comprobó que un pequeño campo electrostático se crea en la parte superior del generador haciendo que los trozos de papel se carguen con un

campo negativo y al acercar nuestros dedos estos papeles son atraídos por el campo positivo que genera nuestro cuerpo.

Adicionalmente se puede indicar que los datos obtenidos y analizados de forma estadística tiene una desviación estándar muy pequeña por lo tanto los datos son los esperados.

El experimento tiene un margen de error pequeño por lo que los datos de las variables son confiables.

#### 4.0 CONCLUSION

- El tiempo de la carga de la esfera del generador de Van der Graaff es proporcional a la velocidad del motor.
- Para poder descargar un cuerpo este debe transferir la carga usando un metal y necesariamente estar conectado a tierra.
- Se pudo concluir que los rodillos y la correa son la parte fundamental del generador de Van der Graaff por lo que los materiales deben ser escogidos cuidadosamente ya que según la combinación de materiales con que se hagan los rodillos inferiores, correa y rodillo superior, la esfera se cargará negativa o positivamente y la generación de cargas será óptima y se evitara descargas.
- Se concluyó que el Generador creado a base de materiales reciclados y otros comprados funciona correctamente ya que se emplearon conocimientos previos a la realización del Generador.

#### REFERENCIAS

- [1] Guativa, J. A. V., Morales, D. B. D., & Rodríguez, J. A. V. (2015). Prototipo de Generador Van de Graaff Controlado con Dispositivos Móviles e Instrumentación Virtual. *Ingeniare*, (18), 23-33.
- [2] DÍAZ FRANCÉS, INMACULADA and ROMERO SERRANO, ÁNGEL JESÚS, 2010, CONSTRUCCIÓN DE UN VAN DER GRAAFF CASERO [online]. [Accessed 8 August 2018]. Available from: [https://www.i-cpan.es/concurso2/docs/accesit2\\_experimentos.pdf](https://www.i-cpan.es/concurso2/docs/accesit2_experimentos.pdf).
- [3] BARBA CLAVIJO, Mario. Diseño de un generador electrostático de Van Der Graaff para prueba de equipos con corriente continua. 1975. Tesis de Licenciatura. QUITO/EPN/1975.
- [4] GUIASOLA, Jenaro; MONTERO, Antonio; FERNÁNDEZ, Manuel. La historia del concepto de fuerza electromotriz en circuitos eléctricos y la elección de indicadores de aprendizaje comprensivo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2008, vol. 30, no 1, p. 1604.

- [5] ARTAL, J. S., et al. Potencial y Campo Eléctrico. Concepto, análisis y simulación en un entorno didáctico. Zaragoza, Zaragoza, España: sn, 2002, vol. 15.
- [6] ARTURO, Redondo Galvan. Ley de Gauss. Recuperado de la web: <https://docplayer.es/26036850-Electricidad-y-magnetismo-dr-arturo-redondo-galvan-1.html>
- [7] CARLOS, MI Juan, et al. Distribución de carga eléctrica y campo eléctrico.
- [8] CARTA GONZÁLEZ, José Antonio, et al. Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables. Pearson Prentice Hall:, 2009.
- [9] ELÉCTRICO, POTENCIAL. Potencial eléctrico. Recuperado de la Web: [http://www.acienciasgalilei.com/alum/fis/potencialelectrico\\_respuestas.pdf](http://www.acienciasgalilei.com/alum/fis/potencialelectrico_respuestas.pdf)
- [10] GUATIVA, Javier Andrés Vargas; MORALES, Deisy Briyid Daza; RODRÍGUEZ, Jairo Alejandro Valero. Prototipo de Generador Van de Graaff Controlado con Dispositivos Móviles e Instrumentación Virtual. Ingeniare, 2015, no 18, p. 23-33.
- [11] SANDOVAL, Manuel; MORA, César. Modelos erróneos sobre la comprensión del campo eléctrico en estudiantes universitarios. 2013.



**Freddy Daniel Cevallos Jácome** se graduó de bachiller en Electrónica de consumo en la Unidad Educativa Hermano Miguel en la ciudad de Latacunga. Participó en el concurso de Ciencias Exactas realizado en 2018 en la ESPE. Actualmente cursa el tercer nivel de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.



**Jonathan Israel Cuji Cerda** se graduó de bachiller en Electrónica de consumo en la Unidad Educativa Guayaquil en la ciudad de Ambato. Inicio sus estudios en la escuela "Humberto Albornoz". Actualmente cursa el tercer nivel de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga.



**Marcia Jimena Morales Ortiz**, Magister en Ciencias de la Educación Aprendizaje de la Física de la Universidad Nacional del Chimborazo, Doctora en Física de la Escuela Politécnica del Chimborazo, Docente a Tiempo Parcial del Departamento de Ciencias Exactas de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Extensión Latacunga.