

**INTRODUCCION AL ELECTROMAGNETISMO A PARTIR DE LA CONSTRUCCION  
Y ESTUDIO DE CIRCUITOS RESONANTES CON UN GRUPO DE ESTUDIANTES DE  
GRADO 11.**



**DANIEL ESTEBAN BUENO CASTILLO**

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá

2024

### **Agradecimientos**

A mis padres por todo su apoyo, a mi abuela Mary Cecilia, amigos, a mi tutor de práctica por su apoyo constante, al profesor Juan Carlos Orozco por su apoyo, paciencia y su guía.

## Tabla de contenido

INTRODUCCION.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
OBJETIVOS.....	12
Objetivo General .....	12
Objetivos Específicos .....	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
ANTECEDENTES.....	14
MARCO TEORICO.....	16
Marco teórico de fundamentación .....	16
<b>Carga eléctrica.....</b>	<b>60</b>
<b>Campo eléctrico.....</b>	<b>61</b>
<b>Campo magnético.....</b>	<b>61</b>
<b>Capacitancia.....</b>	<b>62</b>
<b>Resistencia.....</b>	<b>64</b>
<b>Diferencia de potencial.....</b>	<b>64</b>
<b>Ley de Faraday .....</b>	<b>65</b>
<b>Corriente eléctrica .....</b>	<b>66</b>
<b>Corriente alterna .....</b>	<b>66</b>
<b>Onda .....</b>	<b>16</b>

<b>Resonancia .....</b>	<b>18</b>
Ondas Electromagnéticas.....	20
<b>Circuito resonante RLC.....</b>	<b>22</b>
<b>Circuito bobina de Tesla .....</b>	<b>23</b>
MARCO TEORICO PEDAGOGICO .....	24
METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN .....	26
Descripción de la población .....	27
IMPLEMENTACION Y ANALISIS .....	28
FASE 1- reconocimiento de instrumentos de laboratorio.....	33
FASE 2- Montaje circuito RLC bobina de Tesla.....	41
FASE 3- Ondas, resonancia y ondas electromagnéticas.....	50
CONCLUSIONES.....	54

## TABLA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Botella de Leyden Casera.....	63
Ilustración 2. Alternador.....	67
Ilustración 3. Transformador de microondas CA .....	68
Ilustración 4. Imagen tomada de la unificación de luz, electricidad y magnetismo: la “síntesis electromagnética de Maxwell” departamento de física de la universidad de Alicante .....	21
Ilustración 5. Diagrama del circuito bobina de Tesla .....	22
Ilustración 6. Transformador de 120V a 2500V transformador de 60Hz conectado en serie a un fusible y un interruptor.....	29
Ilustración 7. Imagen representativa del acetato tamaño carta partido en 4 partes. ....	29
Ilustración 8. Imagen correspondiente al montaje del condensador de placas paralelas.....	30
Ilustración 9. Imagen representativa al proceso de construcción del condensador de placas paralelas.....	30
Ilustración 10. Condensador placas paralelas.....	31
Ilustración 11. Explosor encendido .....	31
Ilustración 12. Escalera de jacob .....	34
Ilustración 13. Imán de ferrita con viruta de hierro .....	34
Ilustración 14. Transformador de microondas modificado.....	34
Ilustración 15. Primera parte cartilla .....	35
Ilustración 16. Primera sesión, construcción del transformador reductor con los estudiantes del colegio Integrado de Soacha .....	36
Ilustración 17. Multímetro pinza amperimétrica .....	37
Ilustración 18. Análisis Diario de Campo.....	38
Ilustración 19. análisis diario de campo.....	38

Ilustración 20. análisis diario de Campo.....	39
Ilustración 21. Análisis diario de campo.....	39
Ilustración 22. Análisis Diario de Campo.....	40
Ilustración 23. Bobinado primario y secundario.....	41
Ilustración 24. Condensador de placas paralelas. ....	41
Ilustración 25. Transformador de microondas de 2500V a 0.6 a.....	41
Ilustración 26. primera parte del circuito de la bobina de Tesla .....	41
Ilustración 27. Explosor .....	41
Ilustración 28. Segunda sesión Cartilla .....	42
Ilustración 29. Análisis de diarios de campo segunda sesión .....	43
Ilustración 30. Estudiantes construyendo la bobina de Tesla .....	43
Ilustración 31. Condensador de placas paralelas. ....	44
Ilustración 32. bobina de Tesla encendida.....	45
Ilustración 33. análisis de resultados sesión 2. ....	47
Ilustración 34. Análisis de resultados sesión 2. ....	47
Ilustración 35. análisis de resultados sesión 2. ....	49
Ilustración 36. Cartilla sesión final.....	50
Ilustración 37. estudiantes tomando notas respecto a las actividades de la última sesión .....	52
Ilustración 38. Análisis de resultados diario de campo.....	53

## INTRODUCCION.

El presente trabajo parte del interés respecto a la enseñanza de fenómenos electromagnéticos en el Colegio Integrado de Soacha. A pesar de que es una asignatura que se debe ver según los D.B.A no se suele dar en la institución. La idea de esta propuesta recae en que los estudiantes puedan evidenciar y construir. Para ello se propuso diseñar una secuencia didáctica con un enfoque constructivista, del aprendizaje basado en experiencias y en el aprendizaje significativo, teniendo en cuenta que el modelo pedagógico acorde a la institución Colegio Integrado de Soacha corresponde a estos enfoques.

La contribución de este trabajo se realizó con el propósito de que los estudiantes del grado 1105 del Colegio Integrado de Soacha logran construir conocimiento respecto a varios conceptos electromagnéticos y el funcionamiento de un circuito RLC y algunos otros dispositivos por medio de una serie de experiencias las cuales constan de montajes experimentales sencillos, con el uso de instrumentos que se tienen presentes en la cotidianidad, y con los que, sin embargo, los estudiantes no se encuentra muy familiarizado como lo son los transformadores eléctricos, bobinados, corriente alterna, ondas de radio, condensadores, etc.

Para la primera sesión de la secuencia didáctica se realiza una serie de actividades en torno a el reconocimiento de instrumentos y su funcionamiento, como lo son los transformadores eléctricos, la corriente alterna, la pinza amperimétrica y el multímetro, se dispone que para cada sesión los estudiantes deben realizar un diario de campo y entregarlo al inicio de la siguiente.

La segunda sesión se enfocó a la construcción de dispositivos eléctricos como lo son los condensadores de placas paralelas, las bobinas y el montaje del circuito de la Bobina de Tesla usando de apoyo el manual de construcción realizado en la cartilla para dicha sesión. Durante la actividad se tenían planeadas una

serie de experiencias como observar el funcionamiento del condensador de placas paralelas y como estos requieren de un tiempo de carga y descarga y que además en corriente alterna ayudan a aumentar la frecuencia de oscilación. Después de eso los estudiantes realizaron el montaje de la bobina y observaron distintos fenómenos, como lo es la ionización del aire, efecto corona que se puede evidenciar en el condensador de placas paralelas y algunas partes del me bobinado, y de un sistema de generación de radiofrecuencia con el que se puede encender un bombillo led.

La tercera sesión se centró en explicar el fenómeno de la resonancia por medio del uso de diapasones y se estudiaron las ecuaciones que permiten entender mejor cómo un cuerpo puede entrar en resonancia con otro medio, algunas nociones de la física de ondas y como a partir de un circuito RLC se puede generar un sistema de radiofrecuencia, específicamente en la bobina de Tesla.

En la primera parte del trabajo se hace un estudio pedagógico donde se abordan distintos elementos respecto a la importancia de la experimentación en el aula de clase, el foco pedagógico en el que se diseñó de la propuesta se basa en el modelo del constructivismo esto también teniendo en cuenta el modelo pedagógico de la institución. Además de eso se establece una problemática respecto a la enseñanza del electromagnetismo en el colegio integrado de Soacha, dicha propuesta se implementó con estudiantes de grado 11 los cuales se encuentran perdiendo el año por varias asignaturas y algunos tienen problemas de convivencia por lo que se puede ver que es una parte de la población estudiantil la cual no se acopla muy bien a los procesos educativos estandarizados.

El segundo capítulo está orientado a la construcción del marco teórico y pedagógico, donde se hace énfasis a algunas de las teorías físicas que se tratarán durante la secuencia didáctica, además de que estos conceptos entrarán a la cartilla que se construye para acompañar las sesiones la cual ayudará como un material de apoyo a la hora de que los estudiantes construyan la bobina de Tesla; también dicha cartilla

servirá como un material que los estudiantes puedan consultar a la hora de realizar el diario de campo. El marco teórico se encuentra compuesto por temas como lo son la carga eléctrica, la corriente eléctrica, la corriente alterna, inducción electromagnética, ondas, ondas electromagnéticas, circuitos resonantes, diferencia de potencial, capacitancia, resistencia, bobinados y campos magnéticos.. La parte pedagógica tiene información respecto a la teoría constructivista de aprendizaje, aprendizaje basado en experiencias, qué es una secuencia didáctica y cómo funciona la cartilla como un material didáctico en la secuencia.

La tercera parte hace referencia a la metodología de investigación, el análisis de la población y la implementación de la secuencia didáctica.

Finalmente, se presentan algunas conclusiones obtenidas respecto a la implementación de la secuencia.

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

La historia de la ciencia se encuentra estrechamente ligada a razones y necesidades sociales particulares que surgieron de contextos específicos. Un ejemplo, fue la pandemia del SARS-COVID19 en 2020 que impulsó la rápida creación de una vacuna. En el mundo actual, la globalización y el consumismo han permeado a la sociedad occidental impactando también a la educación, de tal manera que el consumismo, la idea de rentabilidad, la industrialización, etc. han infectado a la educación occidental de tal manera en que los únicos conocimientos considerados útiles para la sociedad están relacionados a aquellos que pueden generar todas las ideas anteriores como la industrialización. Un claro ejemplo de esto se remarca en la importancia que se le da a unas áreas en la escuela como lo son las matemáticas o las ciencias a diferencia de las humanidades como por ejemplo el teatro, las artes o la música (Nussbaum, 2010).

Esta realidad, aunque algo trágica, a su vez pone al educador en ciencias en un problema dado que los profesores deben asegurarse que sus estudiantes salgan con los conocimientos básicos necesarios para que puedan enfrentarse a estas áreas cuando vayan a ingresar a una universidad. Sin contar con otras problemáticas que se puedan presentar como la falta de equipo, presupuesto, la disposición de aprender de los estudiantes, o distintas razones sociales que obstaculizan un aprendizaje óptimo en el aula, como muchos otros problemas que pueden tener los educadores que durante su trabajo estarán estrechamente relacionados con varios procesos sociales, posibles contextos complejos, caracterizados por situaciones económicas desiguales y una gran diversidad sociocultural.

A pesar de que los estudiantes llegan con alguna noción de los fenómenos a tratar en el aula, “numerosas investigaciones acerca de la forma en que los estudiantes adquieren el conocimiento muestran que en el proceso de enseñanza-aprendizaje los alumnos arriban al aula con un conocimiento práctico e intuitivo sobre leyes o fenómenos físicos y con los cuales explican cómo funcionan las cosas en el mundo real. Estas ideas previas, a veces llamadas de sentido común o preconcepciones, generalmente no coinciden con el punto de vista aceptado por la disciplina científica.” (Flores, 2008)

Un claro ejemplo de esto es que a pesar que cotidianamente se tiene relación con una serie de artefactos que funcionan con esta base teórica (radio, control remoto, etc.), estos no sirven como punto de partida para saber de qué habla la teoría electromagnética (por lo menos no se puede establecer una relación clara de una expresión como  $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$  con alguno de estos dispositivos). (Malagon., 2014)

Para ello, considero que el uso de la actividad experimental podría resultar útil, también; de acuerdo con (Malagón, 2002; García, 2011) citado en (Chacon, 2017) “incentivar la construcción de explicaciones a fenómenos físicos en el marco de actividades experimentales encierra necesariamente procesos discursivos en relación con lo que se quiere “observar”, lo que se “percibe”, lo que se nombra como “hecho” y lo que se pretende “representar” con ese hecho.”

Desde esta perspectiva, diseñar situaciones que amplíen y problematicen la experiencia relacionada con estos fenómenos contribuiría a una mejor comprensión de los mismos.

Otra de las consideraciones a tener en cuenta es que cuando hablamos del espectro electromagnético estamos abordando una especie de escala de clasificación de ondas electromagnéticas, las cuales se catalogan dependiendo de sus características como lo son: su longitud de onda o su frecuencia, por nombrar solo algunas ya que todas están se suelen producir de maneras muy distintas y dan cuenta de fenómenos también algo distintos, por eso mismo abordar un solo tipo de ondas pareciera tener congruencia con relación a otra serie de problemas como lo es el tiempo de implementación.

Por ello, se profundiza específicamente en las ondas de radio, usando la experimentación. Teniendo en cuenta esto se propone una serie de experiencias basadas en montajes experimentales que nos permitan evidenciar una serie de fenómenos que se relacionan a su vez a una serie de conceptos necesarios para poder entender el funcionamiento de algunos aparatos electrónicos.

Es por esto que este trabajo de investigación desarrolla una unidad didáctica donde se traten conceptos electromagnéticos con los estudiantes de recuperación del grado 1105 del colegio Integrado de Soacha, con el fin de que puedan construir un conocimiento respecto a estos

mismos, esto teniendo en cuenta que no se han visto nada de electromagnetismo en todo el año escolar lo cual va desacorde a lo que indica los derechos básicos de aprendizaje establecidos por el ministerio de educación.

Una vez puesto en contexto toda esta serie de cosas, solo nos queda preguntarnos.

*¿Cuáles conceptos son importantes para construir una secuencia didáctica la cual aborde el uso de circuitos RLC para la producción y emisión de ondas electromagnéticas con los estudiantes de grado 1105 del Colegio Integrado de Soacha teniendo en cuenta que no han visto temáticas relacionadas al electromagnetismo?*

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

- Diseñar una secuencia didáctica que ayude a la construcción de conceptos respecto a fenómenos electromagnéticos y ondulatorios, a través del uso de circuitos RLC y la corriente alterna, con los estudiantes del grado 1105 del Colegio Integrado de Soacha.

### **Objetivos Específicos:**

- Realizar un estudio sobre los conceptos electromagnéticos necesarios que permitan comprender el fenómeno de resonancia.
- Diseñar una secuencia didáctica, con énfasis en la actividad experimental.
- Elaborar una cartilla que sirva de apoyo al desarrollo de las actividades diseñadas en la secuencia didáctica
- Implementar la secuencia didáctica con un grupo de estudiantes del grado 11 del

colegio integrado de Soacha.

## **JUSTIFICACIÓN.**

En este trabajo se usa la experimentación en enfoques pedagógicos ya que son necesarios para la enseñanza de las ciencias, pues, estos al involucrar la exploración y manipulación de variables ayudan a entender los conceptos físicos que pueden resultar complejos. Esto fomenta la capacidad de observar patrones, formular hipótesis y desarrollar conclusiones basadas en la evidencia experimental, es decir, pensamiento crítico que, según (Dewey, 1938), se desarrolla cuando los estudiantes se involucran activamente en situaciones de aprendizaje que les permiten explorar, cuestionar y reflexionar sobre su entorno. Se puede observar que el enseñar la física puede suponerse desafiante, por eso mismo se propone la experimentación como un soporte a la hora de enseñarla.

Además, la experimentación facilita un enfoque constructivista del aprendizaje, donde los estudiantes construyen su conocimiento a través de la interacción del mundo real (Vygotsky) . Teniendo en cuenta que el constructivismo considera los conocimientos previos, donde estas ideas van conectándose unas con otras. Es decir, que los conocimientos nuevos se van relacionando con experiencias para dar una mejor comprensión de estos fenómenos y a partir de ello construir explicaciones a otros eventos físicos.

Otra cosa importante es cómo la globalización ha permeado a la cultura occidental y de

paso a la educación. La experimentación es algo clave hoy en día dado al desarrollo tecnológico que estamos viviendo pues, es fundamental para comprender el impacto social y ambiental de los desarrollos de científicos o tecnológicos que siguen las ideas propuestas por estos sistemas económicos que nos rodean hoy en día sustentados en la idea de rentabilidad.

También tenemos que tener en cuenta que, según los derechos básicos de aprendizaje del ministerio de educación de grado 11 los estudiantes deben ver en el área de ciencias naturales circuitos y algunas nociones de fenómenos electromagnéticos. Considero prudente esta serie de experiencias ya que los estudiantes podrán aproximarse a la comprensión de varios conceptos del electromagnetismo, como: el voltaje, la corriente eléctrica, la resistencia, el campo eléctrico, el campo magnético, la inductancia, la capacitancia, las ondas electromagnéticas.

### **ANTECEDENTES.**

Es considerable el número de trabajos de investigación y reflexión con respecto a la importancia del trabajo experimental en los procesos de enseñanza de las ciencias. En el caso de la temática de interés de esta monografía han sido consultados los siguientes:

En el trabajo presentado por Pavel Sánchez Valdez en el centro de investigación en materiales avanzados CIMAV en la ciudad de Chihuahua (México), para optar por el título de maestría en educación científica en el año del 2010 con el título de *La Bobina De Tesla Como Una Herramienta En La Enseñanza De La Electricidad Y El Magnetismo* tiene como objetivo: usar una bobina de tesla para la enseñanza de la inducción. De igual forma se explica cómo

construir la maquina con una corriente AC.

A continuación, el trabajo presentado por Erikson Rodríguez Ortiz en la Universidad Pedagógica Nacional para obtener el título de licenciado en física con el Título de *Propuesta De Aula Desde El Experimento De Heinrich Hertz, Para La Construcción De Ideas Alrededor De La Existencia De Las Ondas Electromagnéticas*. Este trabajo es más completo dado a que se ajusta a la manera en cómo se quiere desarrollar la secuencia didáctica en este trabajo, ya que, aborda el concepto de onda. Al tratar circuitos resonantes es útil para esta investigación ya que se quiere resaltar sus posibilidades para poder abordar el concepto de onda electromagnética; en este caso con la bobina de Tesla.

El trabajo presentado por Stefanía Tovar Quimbayo en la Universidad Pedagógica Nacional para obtener el título de licenciado en física que lleva el título de *Una Aproximación A La Explicación De Los Sismos A Través Del Concepto De Onda Mecánica*, resulta interesante dado que hace una descripción de los diferentes significados referentes al concepto de onda, recalca el manejo matemático ya que al momento de definir el stress o esfuerzo se asume la idea de tensor; además de eso, se hace un uso interesante de las ondas para poder describir un fenómeno como lo son los sismos.

Trabajo presentado por Carlos Augusto Redondo Daza en la Universidad Pedagógica Nacional para obtener el título de licenciado en física que tiene como título *En Busca De Lo Invisible: Una Propuesta Para La Enseñanza De La Radiación Infrarroja En Grado Noveno*. Se escoge este trabajo dado que está ligado con el tema de investigación y también porque tiene referentes bibliográficos útiles para el proyecto.

Trabajo presentado por Diego Fonseca Enciso en la Universidad Pedagógica Nacional para obtener el título de licenciado en física. Tiene el título de *El Estudio Del Espectro De Las Lámparas Halógenas Como Analogía Que Permite La Descripción Del Espectro Electromagnético Del Sol*. Se Elige este trabajo dado a la descripción histórico critica de cómo surge el concepto del espectro electromagnético, lo cual me ayuda bastante dado que este ligado al tema que se quiere investigar.

## **MARCO TEORICO.**

### **Marco teórico de fundamentación.**

La propuesta de enseñanza toma en consideración los conceptos que en los textos de estudio se resaltan como primordiales para dar cuenta de los fenómenos electromagnéticos. Pero, dado el énfasis que se manifiesta en las experiencias propuestas, resultan de especial interés los conceptos vinculados con los circuitos resonantes. En el anexo, se presenta una síntesis de las magnitudes, conceptos y principios más importantes relacionados con dichos circuitos. Atendiendo a los énfasis que se hacen en la secuencia didáctica, las siguientes consideraciones teóricas resultan más relevantes.

### **Onda.**

Una onda se define como la propagación de una perturbación a través de un medio, y se caracteriza por transportar energía en lugar de materia. Estas ondas pueden ser descritas en función de diversas propiedades distintivas, que incluyen (Chavez, 2022):

1: **Longitud de Onda:** La distancia entre dos puntos equivalentes en la Onda, como dos crestas consecutivas o dos valles.

2. **Cresta:** El punto más alto de la onda, el punto donde la perturbación alcanza su

máximo.

**3. Valle:** El punto más bajo de la onda; donde la perturbación alcanza su mínimo.

**4. Nodo:** El punto donde la onda cruza el nivel de equilibrio, donde no hay perturbación.

**5. Amplitud de Onda:** es la máxima elongación o alejamiento que alcanzan las partículas vibrantes a su posición de equilibrio.

**6. Frecuencia de Onda:** El número de ciclos completos que se repite en la onda por segundo, nos indica que tan rápido oscila la onda.

**7. Elongación:** La distancia que hay entre cualquier punto de la onda y su posición de equilibrio.

Dependiendo del fenómeno que se esté analizando la onda puede variar por ejemplo el caso del sonido de nuestra voz, nosotros tenemos unas cuerdas bucales estas vibran cuando nosotros queremos hablar y esas vibraciones se esparcen por el ambiente, sino existiera un medio (sólido, líquido o gaseoso) el sonido no podría propagarse, este tipo de ondas que necesitan de un medio para poder propagarse se conocen como *ondas mecánicas*, este tipo de ondas sonoras se caracterizan por ser una perturbación en un medio continuo o elástico.

Al hablar de estas deformaciones en un medio elástico se debe tener en cuenta al *stress* o *esfuerzo*, que describe el desequilibrio en las condiciones de tensión, presión o cizalladura de un medio, se define el *stress* ya que para poder hablar de la perturbación se debe hablar del estado mecánico del medio. (Juan Carlos Castillo, 2014)

El *stress* se define matemáticamente a través del producto del módulo de Young por la deformación.

$$S = \epsilon \gamma$$

El módulo de Young " $\gamma$ " da la información respecto a las propiedades elásticas del medio y la deformación " $\epsilon$ " a como las dimensiones se verán afectadas. Dependiendo de las características geométricas del medio que usemos la deformación se puede expresar como:

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{dL}{L_0} \text{ deformacion longitudinal} & \epsilon &= \frac{dA}{A_0} \text{ deformacion superficial} \\ & & \epsilon &= \frac{dV}{V_0} \text{ deformacion volumetrica} \end{aligned}$$

### **Resonancia.**

Para describir el fenómeno de la resonancia resulta de ayuda considerar un sistema masa resorte el cual está suspendido verticalmente de un soporte. Para describirlo se usa la segunda ley de Newton donde la fuerza de restitución será igual a la constante de elasticidad del resorte por la distancia que este se estire.

$$F = -ky; \quad m \frac{d^2y}{dt^2} = -ky$$

Dado que el movimiento de un sistema de esta naturaleza es un movimiento periódico este se puede describir por medio de un movimiento armónico simple.

$$y(t) = A \cos \omega_0 t$$

La frecuencia natural se encuentra dada por la siguiente ecuación.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Si se analiza el caso de un oscilador forzado, donde se aplica a la masa una fuerza más que posee un carácter periódico con una amplitud de  $F$ , frecuencia angular  $\omega_0$  y actúa en dirección con el eje del resorte.



(imagen tomada de *El fenómeno de la resonancia* documento elaborado por **José Antonio Peralta, Porfirio Reyes López y Alfredo Godínez Muñoz** para el instituto politécnico nacional México D.F.)

Se hace la siguiente consideración respecto a la fuerza que se le aplica a la masa, teniendo en cuenta que esta es periódica.

$$F = F \cos \omega t$$

Entonces la fuerza total que hay en el Sistema masa resorte será el siguiente:

$$F = -kx + F \cos \omega t - bvm \frac{d^2y}{dt^2} = -kx + F \cos \omega t - b \frac{dy}{dt}$$

Considerando que para un movimiento armónico simple la ecuación del movimiento está dada por:

$$y = A \cos \omega t; \frac{dy}{dt} = -A \omega \sin \omega t; \frac{d^2y}{dt^2} = -A \omega^2 \cos \omega t \rightarrow -\omega^2 y$$

se puede escribir la ecuación de la fuerza total de la siguiente manera:

$$-mA\omega^2 \cos\omega t = -kA \cos\omega t + F \cos\omega t - bA\omega \sin\omega t$$

Al despejar la amplitud de esta igualdad, se tiene como resultado lo siguiente.

$$A = \frac{F_0}{m[(\omega_f^2 - \omega^2)^2 + (\gamma\omega)^2]^{\frac{1}{2}}}$$

Donde  $\gamma$  representa el módulo de Young, de esta ecuación podemos decir que cuando su denominador tiende a valores muy pequeños su amplitud va a tender a ser infinita. A esta situación en la que un medio elástico empieza a oscilar con una amplitud máxima se conoce como **resonancia**. También de esta ecuación podemos deducir que el fenómeno de resonancia requiere de (Jose Antonio Peralta, 2009):

- 1) De un sistema elástico que presente frecuencias naturales de vibración.
- 2) De una fuerza externa de tipo periódico que actúe sobre el sistema elástico.
- 3) De una coincidencia entre ambos tipos de frecuencia.

Este tipo de fenómenos se pueden apreciar en nuestra cotidianidad como lo es el caso de un cantante de ópera que quiebra una copa de vidrio porque alcanza a la frecuencia natural de está generando así el fenómeno, o los automóviles y buses cuyas vibraciones al pasar por el pavimento hacen temblar casas o estructuras cercanas.

Ondas Electromagnéticas.

El estudio del electromagnetismo ha sido un punto crítico en la historia tanto de la física como de la humanidad dado que los desarrollos de este han generado descubrimientos que

revolucionaron al mundo hasta conocerlo como hoy en día, uno de estos descubrimientos más importantes radica en la relación que haya Hertz a través de la generación de ondas de radio, donde.

“La naturaleza ondulatoria de las perturbaciones eléctricas descubiertas por Heinrich Hertz (1857, 1894) quedó probada por él mismo durante la Navidad de 1887. Para ello, utilizó el Aula Magna de la Universidad de Karlsruhe, en la que situó una pantalla reflectora de cinc, de 2 m de ancho y 4 m de alto. Manteniendo un oscilador eléctrico a unos cuantos metros de la pantalla y desplazando el resonador (nombre que daba al dispositivo detector) entre la pantalla y el oscilador, probó la formación de ondas estacionarias, lo que le permitió determinar su longitud de onda.” (Vivar, 2023)

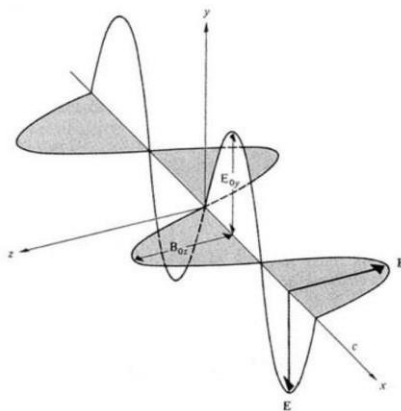
Producto de estas investigaciones experimentales la teoría electromagnética propuesta por Maxwell queda comprobada debido a que se había confirmado la existencia de estas ondas electromagnéticas, fruto de ello y del entendimiento de estos fenómenos ondulatorios es que la humanidad ha podido dar pasos a lo que se conoce hoy en día como las telecomunicaciones.

Estas ondas se pueden catalogar dependiendo su longitud de onda y su frecuencia, a dicha clasificación es lo que se conoce como el espectro electromagnético, las emisiones que tienen oscilaciones comprendidas entre los 10KHz y los 10THz son conocidas como ondas de radio; entre menor sea la longitud mayor será la frecuencia la cual dará una mayor medida de energía a la vez.

*Grafico OE.*

*Ilustración 1. Imagen tomada de la unificación de luz, electricidad y magnetismo: la “síntesis*

*electromagnética de Maxwell” departamento de física de la universidad de Alicante.*



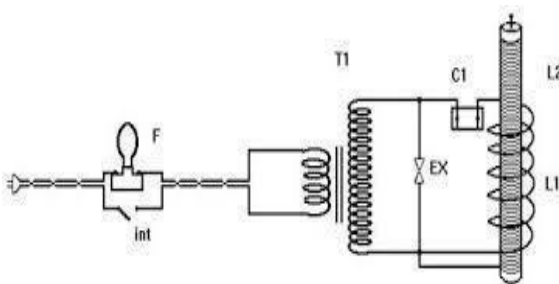
Como se puede observar en la ilustración 4 el gráfico de una OE se describe como la variación de un campo electromagnético respecto al tiempo, es una onda de tipo transversal por lo que la perturbación de estos campos será ortogonal a su dirección de propagación.

### **Circuito resonante RLC**

Un circuito resonante es un circuito eléctrico que consta de un condensador conectado a un bobinado o inductor, debido a las configuraciones de cada uno de estos dispositivos al estar conectados en serie pueden generar ondas electromagnéticas, como en el caso de la bobina de Tesla AC, la cual al inducir una fem desde su bobinado primario al secundario por medio de un campo magnético variable induce un campo eléctrico rotacional y variable en el tiempo al bobinado secundario, lo que permite generar una ondas electromagnéticas dado a la producción de un campo electromagnético variable en el tiempo.

*Ilustración 2. Diagrama del circuito bobina de Tesla. Donde, cada una de las partes corresponde a: f=fusible, int=interruptor, T1= transformador, EX=chispero, C1=condensador*

*de placas paralelas, L1 y L2= Bobinado 1 y 2.*



(Nota imagen tomada de <https://www.facebook.com/Electrotecpe/photos/a.730285583737485/2410663255699701/?type=3>)

### **Circuito bobina de Tesla.**

La bobina de Tesla la cual convierte el aire en un medio conductor de electricidad, esto debido al rompimiento dieléctrico del aire el cual genera un arco eléctrico que sale de la bobina al momento de tocar la bombilla. Este fenómeno se da a pesar de que el aire se compone de una gran mezcla de gases y estos no son buenos conductores, se logra dado a la ionización de sus átomos como consecuencia de la influencia de una fuente energética (Un campo eléctrico que provoca una diferencia de potencial entre los electrodos entre los que se sitúa el gas). Este gas ionizado (Plasma) se rige por los procesos físicos que se dan entre las partículas con carga (electrones, iones, átomos) los cuales se transmiten a través de él. Para poder observar este fenómeno en los gases estos se deben someter a una tensión eléctrica bastante alta por eso mismo hacemos uso del transformador y de la CA dado que trabajar con este tipo de corriente es más sencillo por la facilidad con la que se puede alternar el voltaje. Dado que se trata de un

circuito resonante, produce ondas electromagnéticas lo cual permitió a Nikola Tesla encender bombillos sin el aparente contacto de nada, dando a la idea a lo que se conoce como energía a distancia.

### **MARCO TEORICO PEDAGOGICO.**

Teniendo en cuenta que el modelo pedagógico de la institución es un modelo constructivista y también de modelos basados en el aprendizaje significativo los cuales se usaron a la hora de diseñar la actividad, por lo que se deberá hacer un énfasis en las definiciones de estas teorías, de una secuencia didáctica y de una cartilla.

### **APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.**

Aprendizaje significativo es aquél en el que ideas expresadas simbólicamente interactúan de manera sustantiva y no arbitraria con lo que el aprendiz ya sabe. Sustantiva quiere decir no literal, que no es al pie de la letra, y no arbitraria significa que la interacción no se produce con cualquier idea previa, sino con algún conocimiento específicamente relevante ya existente en la estructura cognitiva del sujeto que aprende. (Moreira, 2011).

Es importante reiterar que el aprendizaje significativo se caracteriza por la interacción entre conocimientos previos y conocimientos nuevos y que esa interacción es no literal y no arbitraria.

En ese proceso, los nuevos conocimientos adquieren significado para el sujeto y los conocimientos previos adquieren nuevos significados o mayor estabilidad cognitiva. (Moreira, 2011)

### **CONSTRUCTIVISMO.**

Básicamente puede decirse que es la idea que mantiene que el individuo —,tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos— no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado de la interacción entre esos dos factores. En consecuencia, según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción del ser humano. ¿Con qué instrumentos realiza la persona dicha construcción? Fundamentalmente con los esquemas que ya posee, es decir, con lo que ya construyó en su relación con el medio que le rodea. (Carretero, 1997)

### **SECUENCIA DIDACTICA.**

Se realiza una secuencia didáctica teniendo en cuenta que: La secuencia didáctica orienta y facilita el desarrollo práctico, la concebimos como una propuesta flexible que puede y debe, adaptarse a la realidad concreta a la que intenta servir, de manera que sea susceptible un cierto grado de estructuración del proceso de enseñanza aprendizaje con objeto de evitar la improvisación constante y la dispersión, mediante un proceso reflexivo en el que participan los estudiantes, los profesores, los contenidos de la asignatura y el contexto. Es además una buena herramienta que permite analizar e investigar la práctica educativa. (Pérez, 29 enero 2007).

### **CARTILLA.**

Una cartilla educativa se define según (Barón, 2018) considerada un recurso didáctico que ayuda a la formación de un aprendizaje significativo, así lo expresa Ana Graciela Fernández, en el texto, Recursos didácticos: Los recursos didácticos son herramientas y estrategias variadas que

pueden apoyar diversos temas y adaptarse a distintas edades y tipos de destinatarios para facilitar el aprendizaje, la comprensión, la simulación, la memorización o la recapitulación de los contenidos; constituyen una alternativa práctica y efectiva para la familiarización de textos o nuevos conocimientos.

### **METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.**

La construcción de fenómenos es un punto de partida para la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. En este sentido, el diseño experimental desempeña un papel importante en tanto contribuye a ampliar o enriquecer las experiencias previas y a propiciar la formulación de nuevas preguntas y rutas de indagación por parte de los involucrados en el contexto del aula. Por eso mismo se propone una metodología cualitativa, con un enfoque específico a la investigación-acción y cualitativa, esto teniendo en cuenta que una investigación de este tipo se centra en comprender y explorar fenómenos en profundidad, generalmente a través de observaciones detalladas, entrevistas y análisis de texto, lo cual en el caso de la implementación se puede evidenciar en el uso de diarios de campo y la reflexión grupal, lo cual se alinea con los principios de la recopilación cualitativa de datos. Según (Miguel, 2000) la investigación acción en el área educativa presenta una tendencia a reconceptualizar el campo de la investigación educativa en términos más participativos y con miras a esclarecer el origen de los problemas, los contenidos pragmáticos, los métodos didácticos, los conocimientos significativos y la comunidad de docentes. Además de que la investigación acción implica la participación activa de los sujetos de investigación en la ejecución y evaluación del proceso investigativo.

En resumen, la metodología que se asemeja a la secuencia didáctica propuesta sería una combinación de investigación cualitativa, donde se busca la participación activa de los estudiantes en el proceso de investigación y se pone énfasis en la comprensión profunda de las experiencias.

### **Descripción de la población.**

Son estudiantes de grado 11 del Colegio Integrado de Soacha, ubicado cerca al cementerio de la población y a unos pocos metros del centro. Es un colegio público con jornada en la mañana y en la tarde, los estudiantes tienen edades entre los 16 a 20 años de edad y provienen de estratos entre 0 a 3. Se implementa la propuesta de investigación con los estudiantes del curso 1105 que han tenido dificultades durante todo el año escolar con la asignatura de física, esto con el fin de fomentar el interés de los estudiantes a la materia en el colegio. Muchos de estos estudiantes se encuentran en peligro de perder el año por distintas asignaturas y también varios tienen algunos problemas de convivencia por lo que se puede observar que es una población que no se acomoda muy bien con los modelos estandarizados educativos.

El enfoque pedagógico de la institución corresponde a un constructo flexible en tanto responde a los imperativos de la formación integral con los dispositivos que las ciencias cognitivas y de la educación han aportado a través de los relevantes enfoques teóricos y metodológicos tales como el aprendizaje significativo, las pedagogías constructivistas, activa, por proyectos de vida y socio crítica, además de aquellas perspectivas y herramientas que hagan parte de la experiencia y preferencias de los docentes.

## **IMPLEMENTACION Y ANALISIS.**

La experiencia en el aula se desarrolló en tres fases. En total requirió de 3 sesiones de 2 horas y media cada una. Cada una de las fases contó con el soporte de una cartilla ilustrada que incluye conceptos relacionados y actividades.

## **DISEÑO DE EXPERIENCIAS SECUENCIA DIDACTICA.**

Como hemos venido tratando anteriormente algunos conceptos que resultan necesarios para poder entender el funcionamiento de este circuito, este es un circuito RLC que consta de una resistencia, dos bobinados y uno o dos capacitores, se tomara de guía el circuito que aparece en la figura número 4 para poder analizar su funcionamiento.

Este circuito funciona con CA, por lo que ira directamente conectado a la toma corriente con una entrada de 120V a 15A con una frecuencia de 60Hz, después de conectarlo esta ira conectado en serie a un bombillo que realiza el papel de resistencia o fusible que ira conectado a un transformador de microondas, hay que tener mucha precaución al momento de manipular el transformador ya que solo basta con tocar algún bobinado y al mismo tiempo el núcleo puede generar una descarga y hay que tener en cuenta que el transformador lleva el voltaje a casi los 2500V con 0.6 A, para esta corriente es muy fácil romper la resistencia eléctrica que ejerce nuestro cuerpo y como el amperaje es tan alto puede resultar letal.

Hay que tener especial atención a que la salida que usemos del transformador sea la salida de alto voltaje o fase, dado que este experimento solo es posible debido a las grandes cantidades de diferencia de potencial.

Luego se debe conectar la fase del transformador a un condensador de placas paralelas. Este resulta apropiado debido a que su capacitancia es bastante alta Gracias a sus configuraciones geométricas.

La conexión del interruptor con el transformador se ve de la siguiente manera:

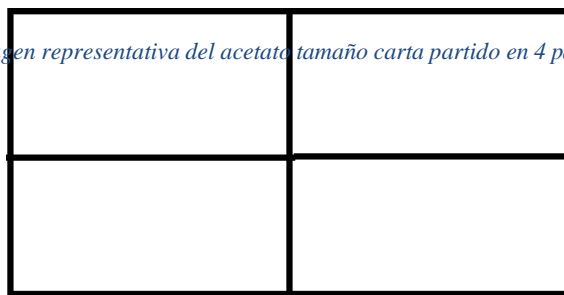
*Ilustración 3. Transformador de 120V a 2500V transformador de 60Hz conectado en serie a un fusible y un interruptor.*



Para construir el condensador de placas paralelas se necesita papel acetato tamaño carta y se procederá a doblar el papel cuatro partes con el fin de que queden cuatro rectángulos.

Se cortará cada uno de los rectángulos y se procederá a pegar dos láminas de acetato con

*Ilustración 4. Imagen representativa del acetato tamaño carta partido en 4 partes.*



pegante industrial, después se colocará encima de cada pareja de rectángulos de acetato un rectángulo de aluminio el cual debe tener una medida de 1,5 cm aproximadamente de diferencia y deberá sobresalir a un lado 4 cm para poder hacer las salidas del capacitor como se muestra en la ilustración 7.



*Ilustración 5. Imagen correspondiente al montaje del condensador de placas paralelas.*

Se colocarán otros rectángulos de acetato encima y nuevamente se coloca un rectángulo de aluminio sobre estos, pero ahora estará sobresaliendo por el otro lado.

*Ilustración 6. Imagen representativa al proceso de construcción del condensador de placas paralelas.*



Se pegaron los acetatos uno encima del otro y se repite este proceso intercalando los lados del aluminio hasta completar 11 rectángulos de aluminio, una vez terminado se hizo un soporte que en este caso fabricamos con palos de balsa para darle estabilidad al capacitor y

procuramos que el papel aluminio envolviera a los cables para que hicieran contacto y se selló con cinta aislante.

*Ilustración 7. Condensador placas paralelas.*



Se utilizaron 100 metros de cable calibre 22 para el embobinado secundario y 8 metros de cable calibre 8 para el embobinado primario, el embobinado primario se conectó al condensador y será el del cable calibre 8 el más grueso el cual ira conectado luego de enrollarlo por el embobinado secundario al explosor. Al igual que como sucede con el transformador que inducta a un embobinado secundario, el embobinado primario dado a la naturaleza de la CA también generará una variación en un campo magnético haciendo que se induzca una corriente a la bobina secundaria.

*Ilustración 8. Explosor encendido.*



Para el explosor se colocaron dos tornillos a una distancia de separación de unos pocos milímetros. Su función es cerrar el circuito por medio de plasma, para ello se genera un arco eléctrico entre ambos electrodos esto es posible dado que los átomos del aire se ionizaran debido a las grandes diferencias de potencial que hay entre ambos tornillos generando así una ionización y dando como resultado un estado de la materia que es conocido como el plasma, el cual se produce debido a que el aire se comportara un conductor debido a que hay un rompimiento del dieléctrico que en este caso es el aire y haciendo que este produzca una chispa. Pese a que la chispa es bastante potente sabemos que no está generando un corto debido a que produce un olor bastante particular es debido a que gracias a la ionización el oxígeno del aire  $O_2$  el cual al recibir un electrón de más se volverá Ozono  $O_3$  que producirá el olor tan característico a humedad. El explosor debe estar conectado con ambas bobinas y a la vez se debe encontrar conectado a la salida de alto voltaje del transformador, tendrá un polo a tierra con este mismo el cual será el encargado de cerrar el circuito y a la vez el explosor debe tener una salida al condensador. Después de que el explosor encienda y se sienta el olor descrito anteriormente el experimento quedará listo.

Una última recomendación es la de no usar un capacitor industrial, aunque estos son

buenos no nos servirán para la cantidad de voltaje que estamos manejando, al usarlos el explosor se encenderá, pero la chispa tendrá una luz más tenue y el sonido que producirá será distinto.

Dado que para que la bobina genere un arco eléctrico esta debe romper la rigidez dieléctrica del aire y para ello debe vencer la resistencia que tiene el aire la cual oscila entre los  $10^6$  a  $10^{15} \Omega$  la bobina genera un arco eléctrico el cual solo podrá encender un bombillo a casi contacto directo ya que esta bobina no genera un voltaje lo suficientemente alto y solo podrá producir un arco de más o menos 7-10cm.

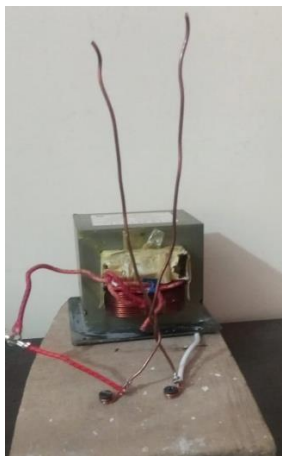
La experiencia en el aula se desarrolló en tres fases. En total requirió de 3 sesiones de 2 horas y media cada una. Cada una de las fases contó con el soporte de una cartilla ilustrada que incluye conceptos relacionados y actividades.

### **FASE 1- reconocimiento de instrumentos de laboratorio.**

Para esta parte se realizó un taller enfocado al reconocimiento de los instrumentos de laboratorio que posteriormente se utilizarían para el montaje del circuito RLC, por lo que se hizo una introducción a distintos fenómenos electromagnéticos acudiendo a distintas herramientas como el uso de una cartilla diseñada para que los estudiantes pudieran retroalimentar los conceptos que se trataron durante las sesiones por medio de montajes experimentales.

Para dicho taller se usaron los siguientes montajes experimentales y también la primera parte de la cartilla, además se crea un canal de comunicación vía WhatsApp con los estudiantes, donde se les anexa la cartilla y se envían algunos videos respecto a los montajes observados en clase y también para que puedan reforzar aún más los conceptos trabajados durante la clase.

*Ilustración 9. Escalera de jacob*



*Ilustración 10. Imán de ferrita con viruta de hierro.*



*Ilustración 11. Transformador de microondas modificado.*



## Ilustración 12. Primera parte cartilla

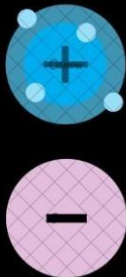
### Actividad sesión numero 1.

Se propone una actividad basada en el reconocimiento de algunos dispositivos los cuales se usan mas adelante para poder dar cuenta del fenómeno de la resonancia en circuitos y como estos ayudan a la producción de Ondas electromagnéticas.

#### Carga electrica.

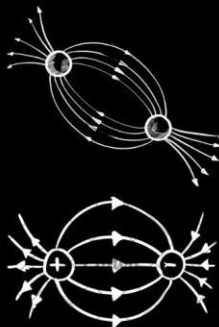
Para poder definir este concepto debemos remontarnos a los primeros acercamientos que tuvo la humanidad con los fenómenos eléctricos, con los griegos. "Electricidad proviene de la palabra griega electrón, es decir, "ámbar", ya que era conocida la propiedad del ámbar de generar electricidad estática al ser frotado y atraer pequeños trocitos de tela o papel y el concepto de fuerza eléctrica tuvo su origen en experimentos muy sencillos como la frotación de dos cuerpos entre sí.

La carga eléctrica aunque no esta definida formalmente por la teoría de campos se suele definir como una propiedad de la materia a la que se le atribuyen ciertos fenómenos de atracción o repulsión



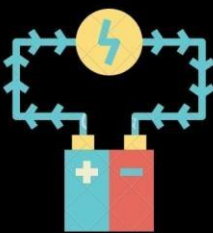
#### campo electrico

Gracias a los aportes de Michael Faraday el cual ayuda a romper la idea de la acción a distancia e introduce el concepto del campo es que podemos dar cuenta de muchos fenómenos electromagnéticos. Actualmente sabemos que el campo eléctrico se produce a partir de una carga puntual en el espacio, donde dependiendo de su polaridad ya sea negativa o positiva esta dará razón a ciertos fenómenos mecánicos de atracción o repulsión como los de las varillas de ámbar y de vidrio cargadas donde el campo eléctrico actuara de tal manera que "la fuerza eléctrica sobre un cuerpo cargado es ejercida por el campo eléctrico que otros cuerpos cargados originan." (Young, 2009)



#### Corriente electrica y diferencia de potencial

La diferencia de potencial o voltaje hace referencia al trabajo que realiza una carga para llegar de un lugar a otro, trabajo que puede ser efectuado debido a la presencia de un campo eléctrico el cual impulsa a las cargas por el materia, esto recordando que el trabajo es un producto escalar entre la fuerza que presenta una carga y la distancia que recorra la carga producto de la fuerza aplicada. La cual a su vez genera un flujo de cargas por un material dando como resultado la corriente eléctrica.



#### Resistencia electrica

Partiendo del hecho de que no existen conductores perfectos y los que lo pueden hacer no se encuentran a temperaturas ordinarias como lo es el caso de los superconductores, todos los materiales por lo tanto poseen una resistencia que se opone al paso de la corriente eléctrica, la cual depende de 4 factores:

- ) La naturaleza del material que se usa.
- ) La temperatura a la que esté sometida el conductor.
- ) La longitud del conductor.
- ) La sección transversal del conductor.

La Resistencia de un material aumenta al aumentar su temperatura o su longitud, también cuando se reduce el espesor del material y disminuye la temperatura. La resistencia se representa con la letra R y se mide en ohmios que se representa con la letra griega omega Ω.



#### Capacitancia.

Un condensador o capacitor es un dispositivo eléctrico que nos permite almacenar la corriente eléctrica, debido a su capacidad de almacenar una gran cantidad de carga eléctrica estos dispositivos suelen generar campos eléctricos también tienen la capacidad de filtrar las señales para las OE. Un capacitor consta de:

Dos conductores separados por un aislante (o vacío) constituyen un capacitor. En la mayoría de las aplicaciones prácticas, cada conductor tiene inicialmente una carga neta cero, y los electrones son transferidos de un conductor al otro; a esta acción se le denomina cargar el capacitor. Entonces, los dos conductores tienen cargas de igual magnitud y signo contrario, y la carga neta en el capacitor en su conjunto permanece igual a cero (Young, 2009)

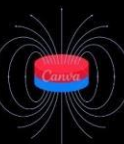


#### bobinado y campo magnetico

El fenómeno del magnetismo era conocido desde la antigua Grecia y también su nombre es de origen griego. La palabra magnetismo viene de la palabra "magnes", imán en griego, que a su vez viene de Magnesia, región del Asia Menor en la que se encuentran yacimientos del mineral magnetita (piedra imán), que tiene la propiedad de atraer objetos de hierro así como conferir al hierro sus propiedades magnéticas (Betendéz, 2008).

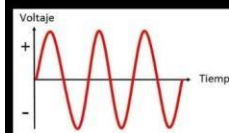
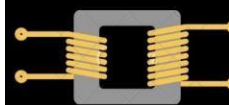
Al igual que en el caso del campo eléctrico se puede evidenciar una fuerza que genera efectos de atracción o repulsión en cierta región del espacio, se puede evidenciar un fenómeno similar al jugar con cuerpos imantados y ver los fenómenos de atracción y repulsión cuando interactúan entre ellos. A diferencia del caso del campo eléctrico que posee un monopolo eléctrico para cada tipo de carga ya sea positiva o negativa los imanes siempre tendrán un dipolo magnético siempre tendrán ambas polaridades para todo cuerpo imantado, se puede evidenciar al momento de romper un imán y observar que siempre va a generar efectos o de atracción o repulsión. Gracias a trabajos como los de Ampere y Oersted que hallan una relación entre la electricidad y el magnetismo podemos dar una relación entre la corriente eléctrica y un campo magnético, además que gracias a los tratados de Ampere y el estudio de los solenoides también sabemos que el campo magnético es directamente proporcional a la corriente eléctrica.

Una bobina o solenoide es un alambre de un material conductor casi siempre de cobre, este dispositivo es útil al momento de generar campos magnéticos en circuitos eléctricos, o para poder generar fenómenos como la inducción electromagnética.



#### Transformadores eléctricos

Los transformadores eléctricos, son dispositivos eléctricos los cuales se usan para poder modificar el voltaje y la corriente eléctrica, estos dispositivos usan la inducción electromagnética para poder hacerlo, cuentan con bobinas adentro de ellas, una se encuentra conectada directamente al toma corriente y la otra no estará conectada a nada, gracias a que la corriente eléctrica que tiene el toma corriente es corriente alterna CA, la cual es aquella que tiene la capacidad de alternar su polaridad en el tiempo, haciendo así que halla unos picos donde su voltaje y su corriente serán mas altos y por lo tanto se puede decir que la corriente no sera uniforme, podremos decir también generara un campo magnético variable en el tiempo, gracias a esto podemos generar un fenómeno conocido como la inducción electromagnética la cual nos dice que si variamos un campo magnético en el tiempo



$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

Podremos generar una corriente eléctrica en una bobina a distancia, este sera el principio que usa el transformador eléctrico, dependiendo de factores como el numero de vueltas del bobinado puede variar tanto su corriente como su voltaje.

- 1) Observe los montajes con los dos transformadores de microondas y detalle brevemente los componentes que poseen y sus características.
- 2) Que diferencias puede detallar entre el transformador que genera un alto voltaje al que genera un amperaje muy alto.
- 3) A que conclusiones puede llegar respecto a los conceptos de voltaje y corriente teniendo en cuenta los fenómenos observados.

#### Actividad

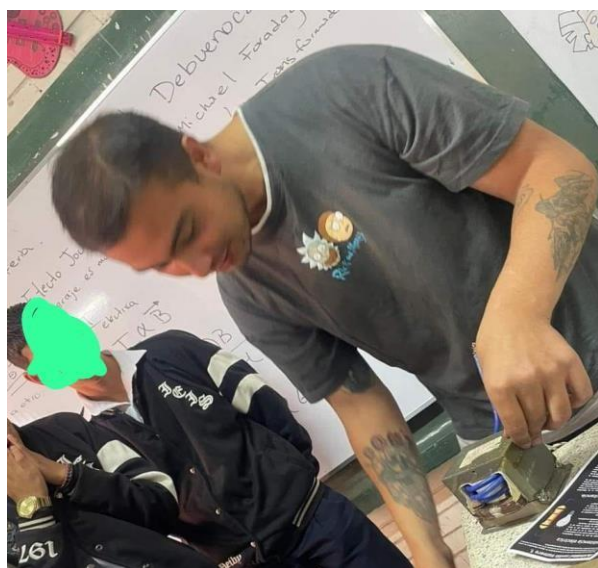
A partir de la serie de experiencias y explicaciones dadas en la sesión detalle el funcionamiento de un bombillo que se encuentra conectado a una batería DC. Explicando cual es el papel que influye el campo eléctrico en el material, como se genera la corriente eléctrica, y que distintos fenómenos o cosas puede identificar que pueden suceder en este circuito. Escriba sus conclusiones en una hoja y entreguela con su nombre y curso.



Durante la sesión se trabajaron conceptos como lo son la carga eléctrica, el campo

eléctrico, el campo magnético que gracias al montaje del imán con la limadura de hierro se pueden apreciar las líneas de fuerzas que este genera y de paso observar el dipolo magnético, se usaron los transformadores eléctricos con el fin de generar fenómenos de alto voltaje a baja corriente eléctrica y de alta corriente eléctrica a muy poco voltaje para que los estudiantes pudiesen hacerse una idea de la diferencia entre dichos conceptos, además que podemos evidenciar de paso el funcionamiento del transformador por medio de la ley de Faraday y como

*Ilustración 13. Primera sesión, construcción del transformador reductor con los estudiantes del colegio Integrado de Soacha.*



la corriente alterna ayuda a generar este tipo de fenómeno por medio de la variación de un campo magnético, para ello usamos el transformador que aumenta la corriente eléctrica, que corresponde a la ilustración 16. Una vez realizado el bobinado se procede a conectar el transformador a la toma corriente. El circuito consta de un switch para poder controlar el flujo de corriente eléctrica que se le suministra

al dispositivo, una vez encendido los estudiantes percatan un ruido extraño que proviene del transformador de paso se les indica que es debido a la frecuencia de oscilación de la carga eléctrica cuando es corriente alterna, una vez se le conecta un cable a las terminales del bobinado secundario del transformador podemos observar cómo este coge un color rojizo en cuestión de pocos segundos hasta que se quema y se rompe el cable. Posteriormente se realiza una bobina con cable calibre 8 nuevamente y se le hace una conexión a las terminales del bobinado

secundario del transformador con el fin de poder obtener una medida de la corriente eléctrica del circuito, y de paso poder observar fenómenos magnéticos relacionados a estas altas corrientes eléctricas.

*Ilustración 14. Multímetro pinza amperimétrica.*



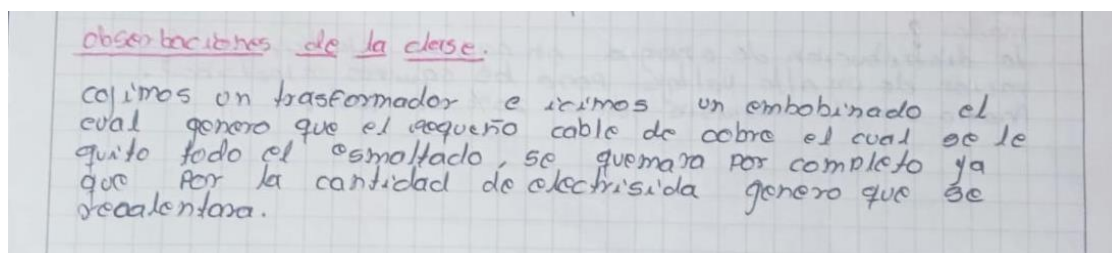
Se coloca la pinza amperimétrica en el cableado y se puede observar que el circuito indica unas corrientes eléctricas muy altas que generan oscilaciones entre los 90 a 160 amperios en corriente alterna, debido a esto se puede evidenciar el efecto Joule al momento de quemarse el cable, y de paso se pueden observar fenómenos de atracción magnética circundantes al transformador, por lo que se puso hacer una apreciación en el aula de que la corriente eléctrica era proporcional al campo magnético, y dado que la corriente está variando en el tiempo el campo de igual manera lo hace, dando como producto una fem inducida en el segundo bobinado del transformador y generando el efecto producido.

Así mismo, se procede a usar el transformador que se puede ver en la ilustración 12, este montaje se conoce como una escalera de Jacob, la idea del montaje consiste en romper la rigidez dieléctrica del aire debido a la diferencia de potencial tan alta que produce el transformador de microondas y poder observar un arco eléctrico ascendente de lado a lado de las varas de cobre puestas.

Una vez concluida la serie de experiencias de la primera sesión se les pone un trabajo a los estudiantes el cual consiste en el uso de diarios de campo respecto a las actividades realizadas durante la jornada donde además deben contestar algunas de las preguntas de la cartilla usada en

clase, esto con el fin de poder observar las apreciaciones de los estudiantes de paso detallar si llegan a conclusiones similares o si presentan dificultades en los conceptos.

Ilustración 15. Análisis Diario de Campo.



Algunos dieron relevancia a los transformadores y al efecto Joule mostrado durante la sesión dado que se asombraron al ver que a pesar de que el circuito quemaba el metal, no me hacía nada a mí.

Ilustración 16. análisis diario de campo.

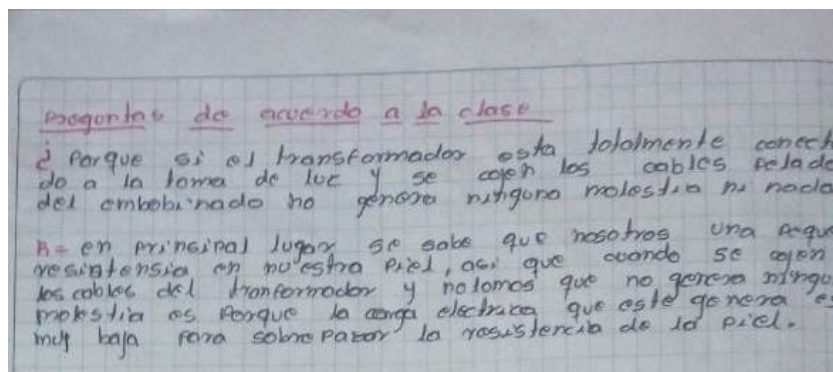
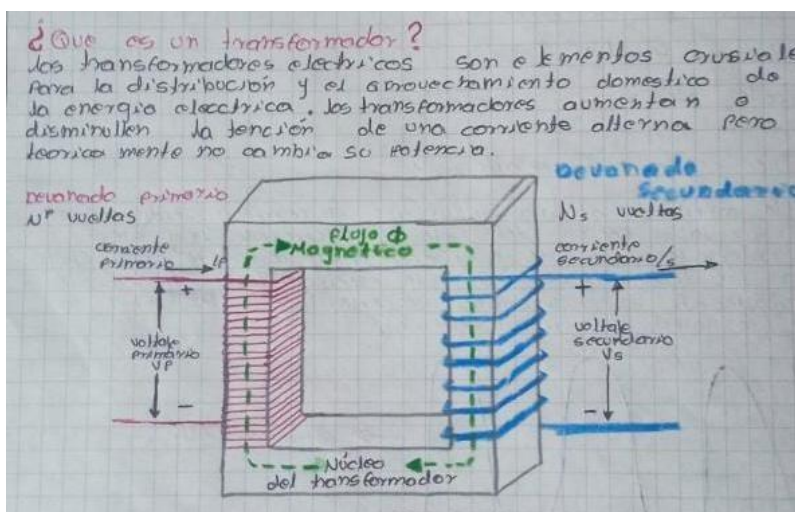
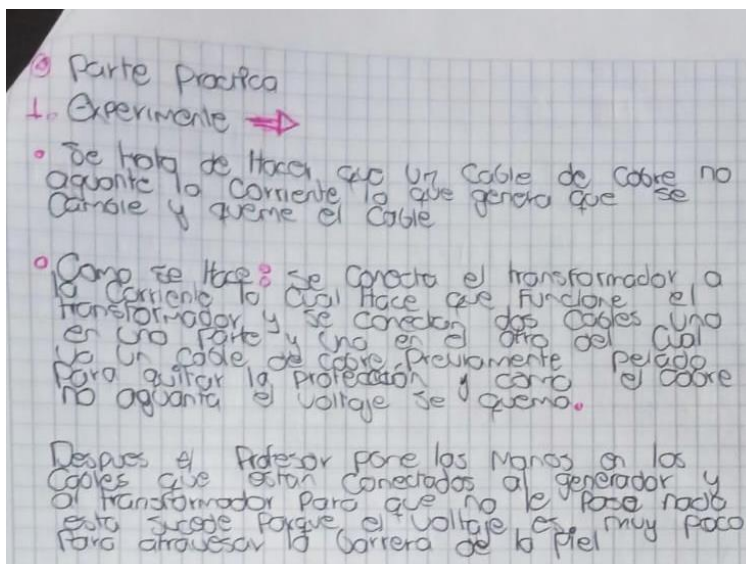


Ilustración 17. análisis diario de Campo.



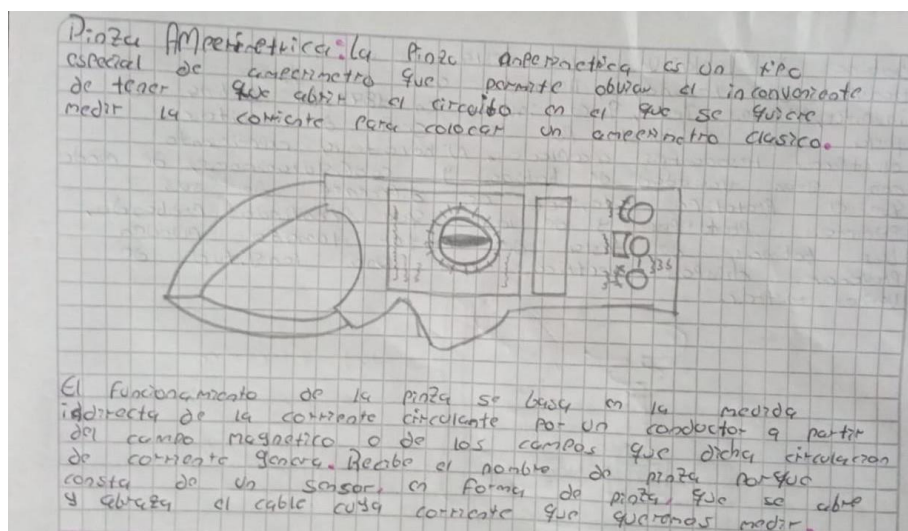
A partir de los dibujos puedo concluir que también usaron el material audiovisual subido al grupo de WhatsApp, pues corresponde a las explicaciones dadas referentes al uso del núcleo en los transformadores.

Ilustración 18. Análisis diario de campo.



A pesar de que se observa claridad respecto a cómo es el ensamblaje de los montajes se puede apreciar que a algunos estudiantes les es difícil diferenciar entre corriente eléctrica y voltaje; sin embargo, se puede apreciar que pueden identificar fenómenos de resistencia en materiales como la piel y de como si el voltaje no es lo suficientemente fuerte no puede ayudar a

Ilustración 19. Análisis Diario de Campo.



romper el dieléctrico. Otros estudiantes le dieron relevancia al estudio de los instrumentos de medición.

Los estudiantes logran reconocer algunos conceptos básicos electromagnéticos como lo son la resistencia, la corriente eléctrica, el voltaje, los transformadores eléctricos y la ley de Faraday, además de que ya se encuentran familiarizados con el uso de transformadores eléctricos. A partir de estas apreciaciones y que ya los estudiantes muestran un avance respecto al funcionamiento de estos dispositivos se procedió a realizar la segunda fase.

## FASE 2- Montaje circuito RLC bobina de Tesla.

Una vez concluida la primera fase de reconocimiento se procede a usar la siguiente parte de la cartilla, la cual está orientada a la construcción de un condensador de placas paralelas para su posterior utilización en el circuito. Además, permite observar cómo al conectar el transformador de alto voltaje usado para la escalera de Jacob al condensador sirve para aumentar la frecuencia de la corriente alterna la cual se puede escuchar dado el ruido que produce.

Para la segunda sesión se utilizaron los siguientes materiales.

*Ilustración 23. primera parte del circuito de la bobina de Tesla.*



*Ilustración 22. Transformador de microondas de 2500V a 0.6 a.*



*Ilustración 24. Explosor.*



*Ilustración 20. Bobinado primario y secundario.*



*Ilustración 21. Condensador de placas paralelas.*



Donde el bombillo incandescente realizará el papel de resistencia, consta de dos bobinados que hacen el papel de inductores y un condensador de placas paralelas, por lo que es un circuito RLC.

Ilustración 25. Segunda sesión Cartilla.

## bobina de Tesla

La bobina de Tesla la cual convierte el aire en un medio conductor de electricidad, esto debido al rompimiento dieléctrico del aire el cual genera un arco eléctrico que sale de la bobina al momento de tocar la bombilla, este fenómeno se da a pesar de que el aire se compone de una gran mezcla de gases y estos no son buenos conductores, se logra dado a la ionización de sus átomos como consecuencia de la influencia de una fuente energética (Un campo eléctrico que provoca una diferencia de potencial entre los electrodos entre los que se sitúa el gas). Este gas ionizado (Plasma) se rige por los procesos físicos que se dan entre las partículas con carga (electrones, iones, átomos) los cuales se transmiten a través de él. Para poder observarse este fenómeno en los gases estos se deben someter a una tensión eléctrica bastante alta por eso mismo hacemos uso del transformador y de la CA dado que trabajar con este tipo de corriente es más sencillo dado a la facilidad con la que se puede alternar el voltaje de esta. A parte de ello dado que esta es un circuito resonante produce ondas electromagnéticas lo cual permitió a Nikola Tesla encender bombillos sin el aparente contacto de nada, dando a la idea a lo que se conoce como energía a distancia.

## Actividad sesión numero 2.

Teniendo en cuenta que un condensador se compone de dos placas conductoras con aislante eléctrico. A partir de esa idea se propone la construcción de un condensador de placas paralelas con acetato y papel aluminio. Para construir el condensador de placas paralelas se necesita papel acetato tamaño carta y se procederá a doblar el papel cuatro partes con el fin de que queden cuatro rectángulos.

Se cortará cada uno de los rectángulos y se procederá a pegar dos láminas de acetato con pegante industrial, después se colocará encima de cada rectángulo de acetato un rectángulo de aluminio el cual debe tener una medida de 1,5 cm aproximadamente de diferencia y deberá sobresalir a un lado 4 cm para poder hacer las salidas del capacitor como se muestra en las siguientes figuras.



Se colocarán otros rectángulos de acetato encima y nuevamente se coloca un rectángulo de aluminio sobre estos, pero ahora estará sobresaliendo por el otro lado.

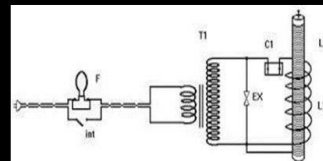


Se pegan los acetatos uno encima del otro y se repite este proceso intercalando los lados del aluminio hasta completar 11 rectángulos de aluminio, una vez terminado el único que se debe hacer es un soporte que en este caso fabricamos con palos de balsa para darle estabilidad al capacitor y procuramos que el papel aluminio envuelva los cables para que hagan contacto y se sella con cinta aislante.

Una vez construido revisar la continuidad del dispositivo por medio de un multímetro

## Circuitos RLC

Para esta actividad se propone una actividad experimental la cual consiste en la construcción de una bobina de Tesla de CA, para ello se usan transformadores eléctricos de microondas como los de las sesiones anteriores, se usa el siguiente circuito como base.



Dado que para usar el transformador eléctrico y que este genere la inducción electromagnética usamos CA, vamos a realizar una conexión directamente al toma corriente la cual irá a 110V a 15A, para ello se usa un cable de un toma corriente que soporte esta cantidad se suele conseguir en cualquier ferretería para proceder a realizar la conexión del fusible que hará a su vez un papel de resistencia para nuestro circuito, esta resistencia posee un interruptor tipo timbre.



Luego de eso hacemos una conexión de la fase de nuestro transformador al explosor y de esta misma salida conectamos el bobinado primario, el cual irá conectado al otro extremo al condensador de placas paralelas el cual tendrá una salida al explosor nuevamente, y finalmente del explosor sale una salida a tierra con el transformador para cerrar el circuito.

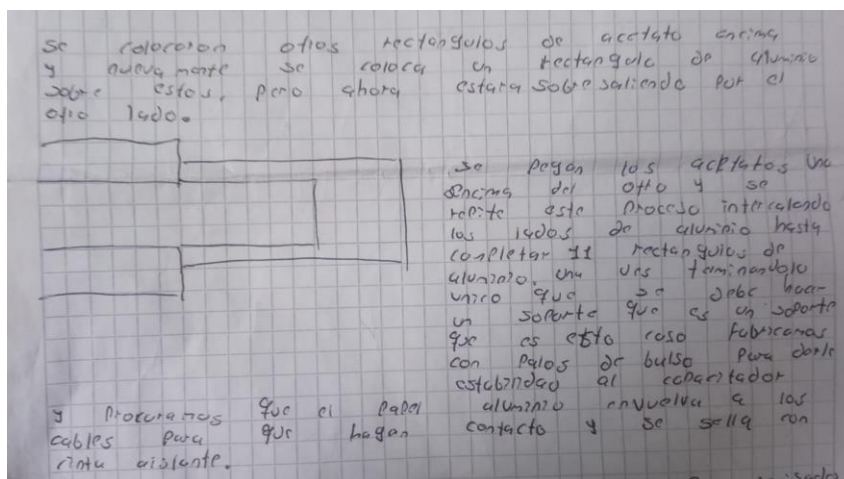


Debido a la naturaleza de la corriente alterna, esta al pasar por el bobinado primario producirá un campo magnético alrededor del cable, y al igual que en el caso del transformador este campo magnético varía en función de la corriente eléctrica, lo que producirá una corriente inducida en el bobinado secundario que se encuentra adentro del primario.

## Actividad

Identifica, detalla y explica los distintos fenómenos que se pueden observar con la bobina de Tesla.

Ilustración 26. Análisis de diarios de campo segunda sesión.



Se realiza la construcción del condensador de placas paralelas con los estudiantes usando la cartilla con las partes preparadas para la sesión.

Ilustración 27. Estudiantes construyendo la bobina de Tesla.



Los estudiantes realizaron un condensador de placas paralelas con acetato como material aislante, y se le colocaron unas placas de papel aluminio como material conductor y así

sucesivamente como se indica en la cartilla, ver ilustración 31:

*Ilustración 28. Condensador de placas paralelas.*



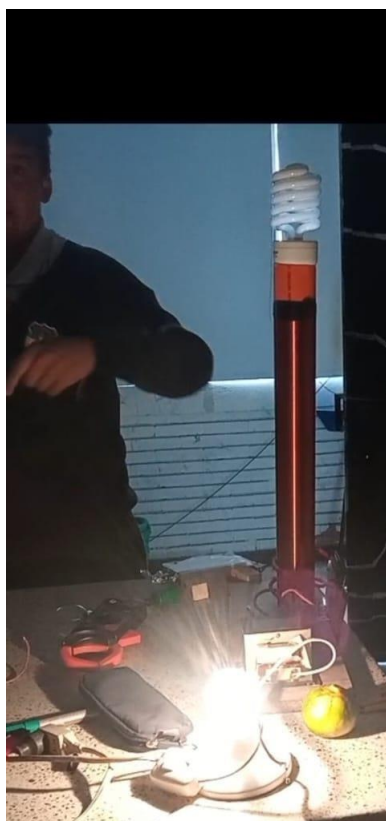
Después de eso se procedió a probar el condensador construido por los estudiantes con el transformador elevador de la ilustración 25. Para esta actividad, primero se conectó el interruptor con el bombillo, para poder regular el flujo de corriente eléctrica que entra al dispositivo y así manipular la fase no fuera tan peligroso. Se procedió, entonces, a conectar la fase al condensador y cerrar el dispositivo a tierra con el condensador, los estudiantes pudieron notar como se cierra el circuito debido a que se genera un efecto corona y además de eso el sonido que empieza a generar la corriente al cerrar el circuito se intensifica. Se aprovechó para recordarles que, así como con el transformador eléctrico generaba una vibración y un sonido debido a la corriente alterna y eso era producto de la frecuencia de oscilación de 60Hz que posee la corriente que manejamos lo que significa que estos dispositivos varían sus amplitudes de voltaje entre positivo y negativo 60 veces por segundo, al conectarlo al condensador aumenta la frecuencia y se puede evidenciar con el fuerte sonido que se genera.

A partir de ello se pudo observar que el condensador construido estaba funcionando.

Luego de eso empezamos a construir la bobina de Tesla con los estudiantes, usando el manual. Se les mostró cada una de las partes y se les explicó paso a paso la construcción del circuito del diagrama, la cual a su vez se encontraba en la cartilla. Sin embargo, por cuestiones de precaución debido a que el transformador de microondas puede resultar peligroso lo manipuló el profesor.

La bobina que realizamos con los estudiantes queda de la siguiente manera:

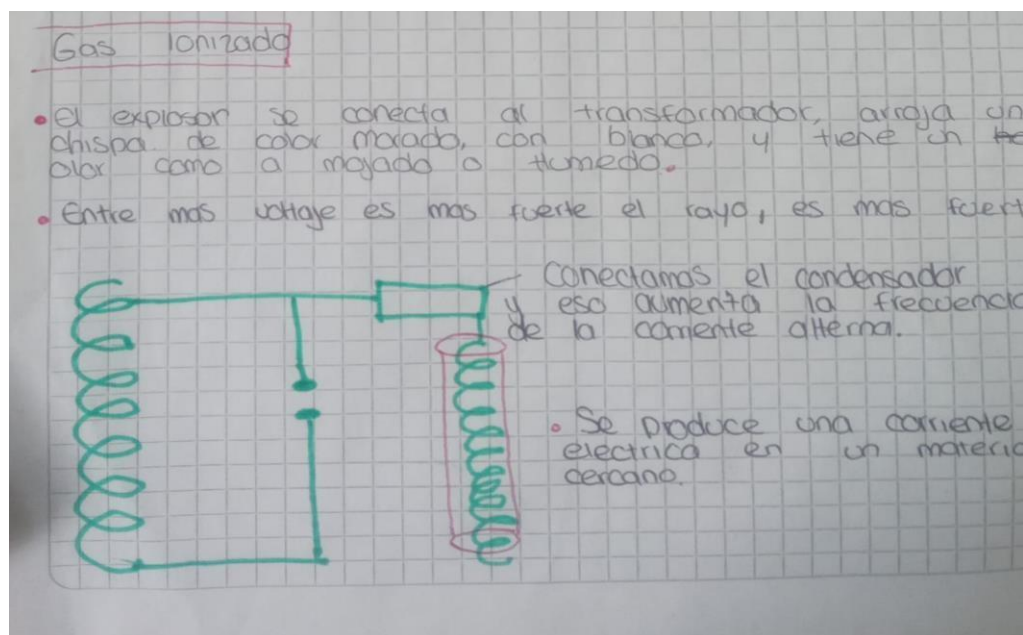
*Ilustración 29. bobina de Tesla encendida.*



Durante el proceso de construcción de la bobina, se indicó a los estudiantes que este es un circuito RLC porque tiene una resistencia, un inductor y un condensador, se les muestra

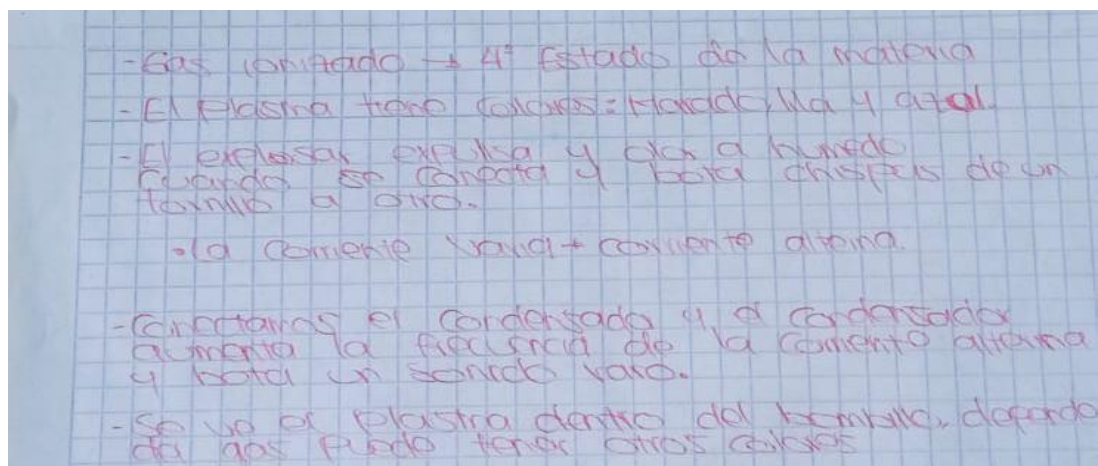
nuevamente el fenómeno de inducción con la bobina secundaria, esta puede ir conectada a tierra como a su vez a nada dado que la inducción es la que se encarga de que se genere el fenómeno, para ello se remueve el bobinado secundario del circuito, este circuito se encuentra cerrado y la prueba viva es que el chispero sigue encendido, debido a que el número de vueltas es muy superior al del bobinado primario este funcionara como un transformador que aumente el voltaje y disminuya el amperaje, por esto mismo puedo manipular el bobinado incluso cuando el circuito se encuentre encendido, nuevamente con ayuda de la pinza amperimetrica se les muestra a los estudiantes que debido al uso de corriente alterna en el circuito el bobinado primario no posee una corriente constante, esta es variable por lo que induce una corriente al segundo bobinado; dicha variación se puede evidenciar en el multímetro, posteriormente se les indica a los estudiantes que nuevamente deben realizar un diario de campo donde narren las actividades observadas durante la sesión para entregar en la próxima sesión.

Ilustración 30. análisis de resultados sesión 2.



Los estudiantes pueden apreciar como por medio de la corriente alterna se puede inducir una corriente eléctrica en el bobinado secundario de la bobina y entienden medianamente el diagrama del circuito.

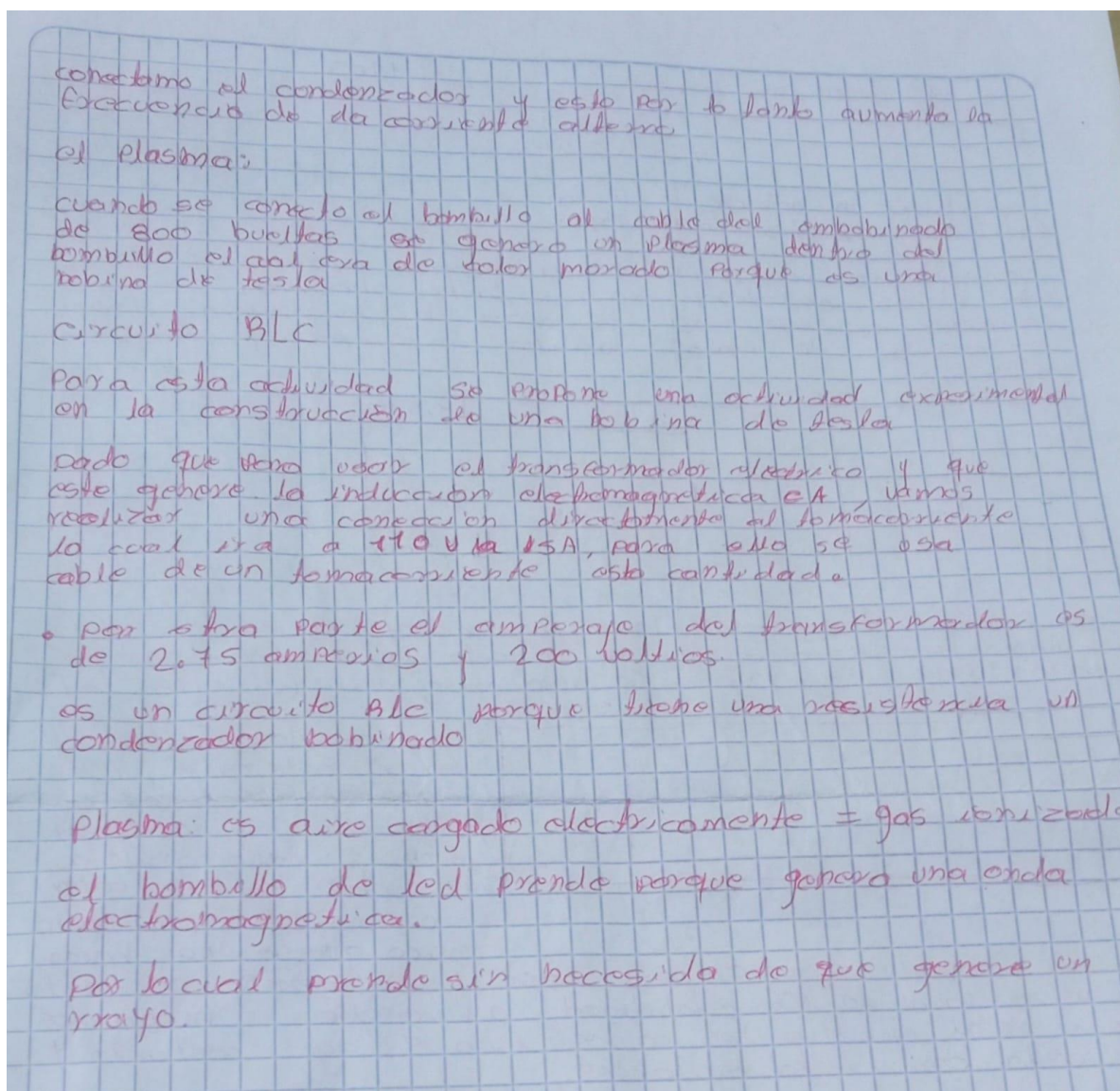
Ilustración 31. Análisis de resultados sesión 2.



Les resulta muy llamativo el plasma, más de un estudiante se enfoca a la experiencia con este estado de la materia.

Dado que este experimento trata una gama muy amplia de fenómenos electromagnéticos los estudiantes enfocan su atención en las cosas que más les llamaron la atención, algunos estudiantes ponen su atención en como este montaje puede encender bombillos led grandes a distancia sin necesidad de cables, les explico que esto se debe a que la bobina genera un campo electromagnético variable en el tiempo y que debido a ello hay leves emisiones de energía debido a radiofrecuencias producidas por el aparato es decir ondas electromagnéticas, esto debido a que la bobina de tesla funciona como un transformador sino que a diferencia del transformador de microondas este no posee un núcleo haciendo que el campo electromagnético se esparza por el ambiente.

Ilustración 32. análisis de resultados sesión 2.



A partir de estos diarios concluyo que los estudiantes identifican el plasma lo pueden caracterizar por cosas como su fragancia y su color, además de que identifican que los circuitos RLC constan de resistencias, inductores y condensadores y que algunos de estos pueden generar

ondas electromagnéticas como lo es en el caso de la bobina de Tesla.

### FASE 3- Ondas, resonancia y ondas electromagnéticas.

Los materiales utilizados para la última sesión son los siguientes:

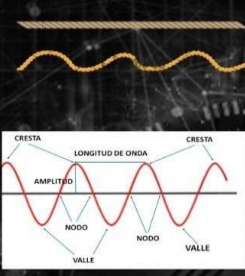
Ilustración 33. Cartilla sesión final.

## Ondas

El sonido, el calor, la luz y muchos otros fenómenos se pueden describir a través del estudio de las ondas. Una onda se define como la propagación de una perturbación en un medio. Para comprender la naturaleza de un medio, debemos considerar factores como la elasticidad o la plasticidad. La elasticidad se refiere a la capacidad de un medio para deformarse y luego regresar a su estado original, como un resorte o una pelota de tenis al ser golpeada.

Dependiendo del fenómeno que estemos analizando, la onda puede variar. Tomemos, por ejemplo, el caso del sonido de nuestra voz. Nuestras cuerdas vocales vibran cuando hablamos, y esas vibraciones se propagan por el entorno. Si no existiera un medio (ya sea sólido, líquido o gaseoso), el sonido no podría propagarse. Este tipo de ondas que requieren un medio para su propagación se conocen como ondas mecánicas. Las ondas sonoras, en particular, se caracterizan por ser perturbaciones en un medio elástico.

Un clásico ejemplo de una Onda es el de una cuerda la cual al agitarla produce una serie de ondulaciones, las cuales podemos analizar para poder dar lugar a algunas definiciones. Como se puede apreciar en la ilustración de la cuerda, al agitarla esta produce una serie de ondulaciones que poseen unos puntos donde la cuerda alcanza una altura máxima y luego tiene unos picos donde la altura parece ser mínima, a estos puntos se les conoce como las crestas y los valles de la Onda, donde el punto máximo corresponde a la cresta y el mínimo al valle, estos valores máximos y mínimos se les conoce como la Amplitud. La tercera ilustración sirve de guía para poder entender mejor las partes de una Onda.




## Ondas Electromagnéticas

El estudio del electromagnetismo ha sido un punto crucial en la historia de la física y la humanidad en general, ya que sus desarrollos han conducido a descubrimientos que han transformado el mundo tal como lo conocemos hoy. Uno de los descubrimientos más significativos está relacionado con las ondas de radio, cuyo papel fue fundamental en la confirmación experimental de la teoría electromagnética propuesta por Maxwell.

El entendimiento de las ondas electromagnéticas y su clasificación según su longitud de onda y frecuencia se agrupa en lo que se llama el espectro electromagnético. Las ondas de radio, con oscilaciones entre 10 kHz y 10 THz, forman una parte crucial de este espectro. La frecuencia más alta corresponde a una mayor energía de las ondas.

Las ondas electromagnéticas se representan como variaciones de un campo electromagnético en función del tiempo. Estas ondas son de tipo transversal, lo que significa que la perturbación en los campos es perpendicular a su dirección de propagación. A diferencia de las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas pueden propagarse incluso en el vacío, lo que contrasta con la dependencia de las ondas mecánicas de un medio material para su propagación. Esta idea ha sido respaldada por estudios realizados por influyentes científicos como Faraday, Fresnel, Hertz, Maxwell y otros.

Estos científicos exploraron la naturaleza ondulatoria de la luz, el concepto de campo y el supuesto medio llamado éter necesario para la propagación de las ondas. Aunque estas investigaciones generaron controversias, hoy en día podemos afirmar con seguridad que las ondas electromagnéticas no requieren un medio material para su propagación.



## Resonancia

A la situación en la que un medio elástico empieza a oscilar con una amplitud máxima se conoce como resonancia. También a partir de la siguiente ecuación podemos deducir que el fenómeno de resonancia requiere de:

$$A = \frac{F_0}{m [(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (\gamma\omega)^2]^{\frac{1}{2}}}$$

- 1) De un sistema elástico que presente frecuencias naturales de vibración.
- 2) De una fuerza externa de tipo periódico que actúe sobre el sistema elástico.
- 3) De una coincidencia entre ambos tipos de frecuencia.

Este fenómeno se puede apreciar en distintos casos como lo es en las antenas de algunas clases de insectos que entran en resonancia con el aleteo de las hembras de su misma especie para poder detectarse, o la copa de vidrio que puede quebrar una cantante de ópera al emitir un sonido que coincida con la frecuencia natural de la copa, también en los espejos de las casas al momento de colocar música a muy alto volumen los cuales reaccionan con el ruido de los bajos en las canciones.




Este fenómeno se puede observar en el diapason el cual al ser golpeado emite un sonido producto a las vibraciones que se dan en el material, debido a que estos diapasones al ser golpeados emiten un sonido a la misma frecuencia la cual será considerada la natural del objeto, por lo que al interactuar la onda sonora producida por un diapason con los demás, estos empezarán a perturbarse generando a su vez un sonido.

## Circuitos resonantes.

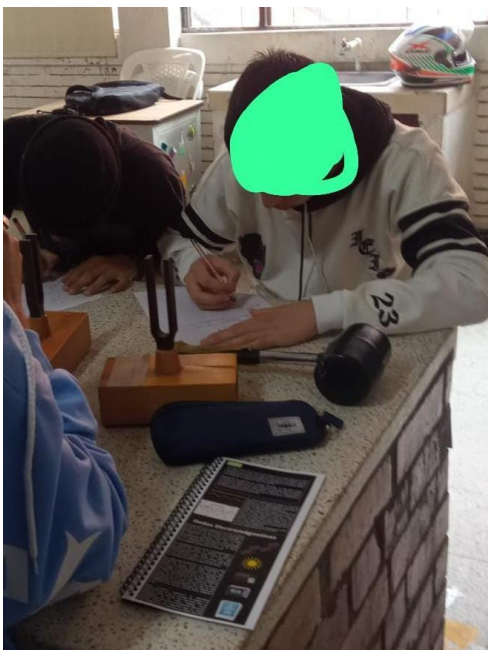
Un circuito resonante es un circuito LC que consta de un condensador conectado a un bobinado o inductor, debido a las configuraciones de cada uno de estos dispositivos los cuales permiten almacenar energía eléctrica en forma de campos eléctricos o magnéticos al estar conectados en serie pueden generar ondas electromagnéticas. Un ejemplo es el caso de la bobina de Tesla AC, la cual induce una fem desde su bobinado primario al secundario por medio de un campo magnético variable como sucede en el caso de los transformadores, esta variación del campo magnético induce un campo eléctrico rotacional y variable en el tiempo al bobinado secundario, lo que permite generar una onda electromagnética dado a la producción de un campo electromagnético variable en el tiempo.

La última sesión se enfocó al estudio de lo que es una onda, la definición formal de onda, la explicación de medios plásticos y elásticos, las partes de una onda como: longitud de onda, frecuencia de onda; también se dan algunos ejemplos de onda, como lo es en el caso de una cuerda que se desplaza por un medio longitudinal, o las ondas que se pueden ver en un pozo de agua por medio de una superficie plana.

Se realiza una actividad con diapasones para que estos puedan observar e interpretar como sucede el fenómeno de la resonancia y al final hacer un análisis de como esto se relaciona con la bobina.

Nuevamente se les indica a los estudiantes que realicen las observaciones respectivas de la sesión y que detallen en un diario de campo para entregar en 3 días, el trabajo debe ser entregado escaneado, en el diario se deben dar las apreciaciones de lo visto en la sesión, para ello además de las experiencias en clase se hace uso de materiales como lo son la cartilla la cual se encuentra vinculada en el canal de WhatsApp que se tiene con los estudiantes, con el cual podrán ayudarse para que puedan narrar lo trabajado y entendido respecto a los fenómenos físicos vistos durante la sesión.

*Ilustración 34. estudiantes tomando notas respecto a las actividades de la última sesión.*



Se puede observar en la figura XX que algunos de los estudiantes tienen nociones de algunos funcionamientos que pueden tener una bobina y un condensador, gracias al uso del material de laboratorio en este caso el diapasón los estudiantes pueden distinguir el fenómeno de la resonancia, dado que al golpear el diapasón se genera una perturbación en este, como resultado una onda se propaga a través del material y posteriormente al aire en forma de sonido, la resonancia se puede apreciar debido a que la frecuencia natural del diapasón receptor cercano coincide con el del diapasón emisor, producto de esto el diapasón emisor empezara a presentar una serie de vibraciones las cuales emite un sonido similar al que emite el diapasón emisor.

Ilustración 35. Análisis de resultados diario de campo.

Oruby Alejandra Jarama / 1105


**Onda:**  
Una onda se define como una propagación de una perturbación en un medio.

**medios:**

- medios elásticos  $\rightarrow$  son los que se pueden deformar y volver a su medio original = Pasarte, pelota de tenis
- medios plásticos

**Resonancia**  
 $\rightarrow$  un fenómeno por el cual una onda puede transmitirse a otro cuerpo debido a que la frecuencia de oscilación corresponde con la frecuencia natural del otro.

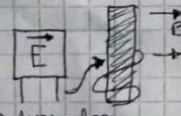
- ondas mecánicas = necesitan de un medio material para propagarse
- ondas electromagnéticas = no necesitan un medio material para propagarse



$\rightarrow$  un diafragma el cual se golpea, emite un sonido y se pasa al otro o es decir las vibraciones se transmiten.

**Resonancia,**  
onda electromagnética: es la variación de un campo electromagnético en el tiempo, o es la perturbación de un campo electromagnético.

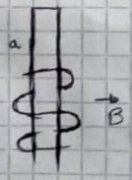
**Circuito R.L.C**



genera energía eléctrica en forma de campos magnéticos

condensador almacena energía eléctrica en forma de campos eléctricos

**Circuito resonante**



las bobinas entran en resonancia debido a un campo eléctrico variable producido de una corriente alterna.

## CONCLUSIONES

Se reconoce la importancia de la experimentación como una herramienta al momento de analizar fenómenos electromagnéticos en el aula de clase.

El uso de transformadores de microondas permite visualizar varios fenómenos los cuales abarcan a su vez distintas explicaciones a cuestiones electromagnéticas, como lo son: La ley de Faraday, la relación electricidad magnetismo, efecto Joule, escaleras de Jacob, corriente alterna y usos en distintos dispositivos como condensadores y su efecto de aumentar la frecuencia de dicha corriente, generar una fuente para alimentar una bobina de Tesla CA, corriente de baja tensión y media tensión.

El circuito RLC a utilizar la cual es la Bobina de Tesla de igual manera permite explicar distintos fenómenos como lo son la resonancia electromagnética, circuitos LC, efecto corona, aplicaciones de condensadores en CA, generar plasma y apreciar a su vez los fenómenos visuales que permiten la ionización de los gases, generar radiofrecuencias, y el uso de radiofrecuencias para alimentar sistemas eléctricos pequeños.

Esta propuesta resultó bastante llamativa para los estudiantes dado que se pudo observar un compromiso claro por parte de cada uno de ellos, lo cual es bueno dado que la población que se maneja es una que no se acopla muy bien a los procesos educativos tradicionales y a pesar de que varios estudiantes de la implementación perdieron el año, la gran mayoría a pesar de ya haber perdido el año académico seguían asistiendo a las actividades realizadas en las clases.

Se puede evidenciar que a pesar de observar fenómenos a muy alto voltaje con poco amperaje y unos con mucho amperaje con muy poco voltaje los estudiantes aún tienen problemas respecto a encontrar la diferencia entre: voltaje, corriente eléctrica y electricidad.

Dado que durante el desarrollo de la secuencia didáctica se trataron distintos temas del electromagnetismo el foco de atención de los estudiantes es muy variable, sin embargo, se puede apreciar que los estudiantes reconocen se familiarizaron con la pinza amperimétrica y le dieron más importancia a la manipulación de los instrumentos de medida, algunos le dieron bastante importancia a dispositivos como los transformadores el funcionamiento de estos, y las partes que poseen y el funcionamiento que tienen.

También se familiarizaron con modificaciones para establecer diferencias entre transformadores reductores como el usado para poder evidenciar el efecto Joule, o un transformador elevador como el que se utilizó en la escalera de Jacob, y la bobina de Tesla que de igual manera funciona como un transformador con la diferencia de que al no poseer un núcleo el campo electromagnético se esparcirá en el ambiente dado que no se concentra en algún núcleo metálico, y que este al ser un circuito resonante y el bobinado secundario servir de condensador, este emitirá radiofrecuencias. Se reconoce que el tema que más llama la atención al grupo de estudiantes corresponde al proceso de ionización del aire (plasma), a las características que estos poseen como el olor debido a la producción de ozono, a los colores que pueden variar dependiendo del gas que ionice y cómo puede tomar distintos colores a partir de esto.

Se puede evidenciar cómo algunos estudiantes entienden la noción de resistencia eléctrica y de que se necesita de cierto voltaje para que un material pueda conducir como pudieron evidenciar en

el caso del transformador reductor donde a pesar de que este sirve para fundir metales debido a su alto amperaje de 130 amperios, no logra hacer nada al contacto con la piel humana debido al bajo voltaje que posee.

El uso de la cartilla con la secuencia didáctica facilitó sintetizar muchos de los conceptos y además sirvió de guía para poder ensamblar el circuito de la bobina de Tesla, esta herramienta generó motivación a los estudiantes y sirvió mucho de apoyo al momento de realizar el diario de campo correspondiente a cada una de las sesiones trabajadas.

A pesar de que se le quería dar relevancia al tema de la resonancia y las ondas electromagnéticas, debido a la gran variedad de temas observados durante la sesión se pudo notar que muy pocos estudiantes lograron comprender que debido a la interacción entre un condensador y un inductor se puede generar una OE.

### **Bibliografía**

Barón, R. A. (2018). *La guerra de los colores: una cartilla educativa por medio de la memoria histórica del período de*. Bogotá D.C.: Universidad gran Colombia.

Carretero, M. (1997). ¿Qué es el constructivismo? *Desarrollo cognitivo y aprendizaje* , 39-71.

Moreira, M. A. (2011). *¿Al final, que es el aprendizaje significativo?* Porto Alegre-RS: Instituto de Física-UFRGS.

Pérez, A. O. (29 enero 2007). *La secuencia didáctica como herramienta del proceso enseñanza aprendizaje en el área de Químico Biológicas*. Ciudad de Mexico: Escuela normal superior de maestros SEP.

- Arce Uribina, M. E. (2002). El valor de la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales. el taller de ciencias para. *Revista educacion Costa Rica*, 8.
- Belendez, A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo la "síntesis electromagnética" de Maxwell. *Revista Brasileira de Ensino de Física V. 30* .
- Benegas, J. (2007 ). Tutoriales para física introductoria: una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la Física. *Revista conicet*, 8.
- Chacon, A. E. (2017). *La experimentación en la clase de ciencias, aportes a una enseñanza contextualizada con reflexiones metacientíficas*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Chavez, L. G. (2022). Ondas. *Con-ciencia boletín científico de la escuela preparatoria* , 68-69.
- council, N. r. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. *National Academies Press*.
- D., G. M. (1977). *Serie unidades electricidad básica, la resistencia eléctrica- materiales conductores, semiconductores y aislantes*. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- David P. Ausubel, J. D. (1976). *Psicología educativa un punto de vista cognoscitivo*. Trillas.
- David, A. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*, 10.
- Dewey, J. (1938). *Expierence & Education* . Simon and Schuster.
- Faraday, M. (15 de abril de 1846). Sobre la naturaleza del Éter y la naturaleza de la acción a distancia. Inglaterra.

Faraday, M. (febrero de 1855). 1855. *Philosophal Magazine* .

Flores, J. B. (2008). Aprendizaje de circuitos electricos en el nivel polimoidal: resultados de distintas aproximaciones didacticas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigacion y experiencias didacticas*.

Fresnel, A. (noviembre de 1818). Sobre la influencia del movimiento de la Tierra en algunos fenomenos opticos. *Carta A Francois Arago*.

Hertz, H. R. (20 de septiembre 1889). Sobre las relaciones entre la luz y la electricidad.

*Sexagesimasegunda conferencia de medicos y cientificos alemanes* , (págs. 313-327). Heidelberg.

Jose Antonio Peralta, P. R. (2009). *El fenomeno de la resonancia*. Mexico D.F.: Departamento de Fisica, Escuela superior de fisica y matematicas instituto Politecnico.

Juan Carlos Castillo, M. M. (2014). El tensor de esfuerzos. Un analisis epistemologico desde una perspectiva pedagogica. *Fisica y cultura*, 39-52.

Malagon., F. (2014). Estudios epistemologicos e historicos de la ciencia. *Fisica y cultura*, 95-104.

Maxwell, J. C. (1965). *Eter, "the Scientific papers of James Clerk Maxwell"*. Niven W.D.

Maykop Pérez Martínez, D. G. (2022). Construcción de maquetas para el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de los circuitos electricos. *Universidad y sociedad*, 462-473.

Miguel, M. M. (2000). La investigación-acción en el aula. *Agenda Academica Volumen 7, No 1*.

Nieto, M. P. (2003). *Origenes del electromagnetismo. Oersted y Ampere*. Madrid: Nivola libros y ediciones Madrid.

- Niño, J. A. (2020). *Análisis de circuitos eléctricos como tema integrador en el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas*. Bogotá.: Facultad de ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Nussbaum, M. C. (2010). *Sin fines de lucro: por qué la democracia necesita de las humanidades*. Katz.
- OECD. (2015). *Students, computers and learning, Making the connection*. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Sierra, R. V. (2010). El proceso de formación del profesional en la educación superior basado en competencias: el desafío de su calidad, en busca de una mejor integralidad de sus egresados. *Civilizar. Ciencias sociales y Humanas.*, 117-134.
- Stokes., G. G. (1880). Sobre la aberración de la luz. *Math and Phys. Paper*, págs. 13-40.
- Vazquez, A. B. (1989). *Temas de Física para ingeniería- Corriente alterna*. Alicante: Universidad Politécnica de Valencia.
- Vivar, A. d. (2023). Determinación de la longitud de Onda de las microondas de un horno a través de sus fugas de radiación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*.
- Vygotsky, L. (s.f.). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Young, H. D. (2009). *Física universitaria Sears-Zemansky volumen 2 decimosegunda edición*. Pearson Education.

## ANEXOS

### **Carga eléctrica.**

Para poder definir este concepto debemos remontarnos a los primeros acercamientos que tuvo la humanidad con los fenómenos eléctricos, con los griegos. “Electricidad proviene de la palabra griega electrón, es decir, “ámbar”, ya que era conocida la propiedad del ámbar de generar electricidad estática al ser frotado y atraer pequeños trocitos de tela o papel y el concepto de fuerza eléctrica tuvo su origen en experimentos muy sencillos como la frotación de dos cuerpos entre sí.” (Belendez, 2008).

Esta serie de experiencias generaron dudas respecto a porque al frotar el ámbar con piel se generaba este fenómeno, a su vez como pasaba con sustancias como lo son el vidrio al frotarlo con un trozo de seda, además de eso logran identificar que al suspender el ámbar frotado con una varilla de vidrio también frotada estos generaban un fenómeno de atracción entre ellos, esto genero la idea de que la electricidad estaba dividida en dos tipos, la que se genera por el ámbar y con el vidrio. (Belendez, 2008)

Debe pasar mucho tiempo para que el estudio de la electricidad siguiera sus curso y que personajes como lo fueron Charles B. Dufay (1698-1739) siguieran con los estudios respecto a los dos tipos de electricidad que había, “En 1734 Dufay estableció que la característica de ambas electricidades es que un cuerpo cargado con electricidad vítrea repele a todos los demás cargados con la misma electricidad y, por el contrario, atrae a los que poseen electricidad resinosa” (Nieto, 2003)

Por razones como esta podemos ver que la carga eléctrica como la conocemos hoy en día

no da referencia a que realmente halla partículas negativas o positivas, sino que se hace una clasificación a partir de fenómenos de atracción o repulsión generados dependiendo el tipo de sustancia al que se le esté frotando un trozo de seda o de piel, generando así un fenómeno de electricidad por electrostática.

A partir de estas conclusiones se puede definir la carga como una propiedad de las sustancias (materia) que da razón a ciertos fenómenos de atracción o repulsión.

### **Campo eléctrico.**

Gracias a los aportes de Michael Faraday el cual ayuda a romper la idea de la acción a distancia e introduce el concepto del campo es que podemos dar cuenta de muchos fenómenos electromagnéticos. Actualmente sabemos que el campo eléctrico se produce a partir de una carga puntual en el espacio, donde dependiendo de su polaridad ya sea negativa o positiva esta dará razón a ciertos fenómenos mecánicos de atracción o repulsión como los de las varillas de ámbar y de vidrio cargadas donde el campo eléctrico actuara de tal manera que *“la fuerza eléctrica sobre un cuerpo cargado es ejercida por el campo eléctrico que otros cuerpos cargados originan.”* (Young, 2009)

### **Campo magnético.**

“El fenómeno del magnetismo era conocido desde la antigua Grecia y también su nombre es de origen griego. La palabra magnetismo viene de la palabra “magnes”, imán en griego, que a su vez viene de Magnesia, región del Asia Menor en la que se encuentran yacimientos del mineral magnetita (piedra imán), que tiene la propiedad de atraer objetos de hierro así como

conferir al hierro sus propiedades magnéticas” (Belendez, 2008).

Al igual que en el caso del campo magnético se puede evidenciar una fuerza que genera efectos de atracción o repulsión dependiendo de la polaridad con la que ambos cuerpos imantados interactúen entre ellos, a diferencia del caso del campo eléctrico que posee un monopolio eléctrico para cada tipo de carga ya sea positiva o negativa los imanes siempre tendrán un dipolo magnético siempre tendrán ambas polaridades para todo cuerpo imantado, gracias a trabajos como los de Ampere y Oersted que hallan una relación entre la electricidad y el magnetismo podemos dar una relación entre la corriente eléctrica y un campo magnético, además que gracias a los tratados de Ampere y el estudio de los solenoides también sabemos que el campo magnético es directamente proporcional a la corriente eléctrica.

$$\vec{B} \propto I$$

### **Capacitancia.**

Un condensador o capacitor es un dispositivo eléctrico que nos permite almacenar la corriente eléctrica, debido a su capacidad de almacenar una gran cantidad de carga eléctrica estos dispositivos suelen generar campos eléctricos también tienen la capacidad de filtrar las señales para las OE. Un capacitor consta de:

“Dos conductores separados por un aislante (o vacío) constituyen un capacitor En la mayoría de las aplicaciones prácticas, cada conductor tiene inicialmente una carga neta cero, y los electrones son transferidos de un conductor al otro; a esta acción se le denomina cargar el capacitor. Entonces, los dos conductores tienen cargas de igual magnitud y signo contrario, y la carga neta en el capacitor en su conjunto permanece igual a cero” (Young, 2009)

“El primer condensador es creado por Pieter Van Musschenbroek (1692-1761) A partir de un diseño realizado por Ewald Jurgen von Kleist en 1745 formado por una botella de cristal con agua sellada con un corcho a través del cual se introducía un clavo hasta tocar el agua. Para cargar eléctricamente la botella se acercaba la cabeza del clavo a la máquina de fricción. Cuando la botella estaba cargada, si se acercaba a la cabeza del clavo un cuerpo no electrificado saltaba una fuerte chispa entre ambos. Musschenbroek recubrió el interior y el exterior de la botella hasta la mitad con panes de plata, de este modo el cristal de la botella hace el papel del aislante o dieléctrico del condensador. Si el pan exterior está conectado a tierra y el interior con un cuerpo electrificado, o viceversa, la electricidad (sea vítrea o resinosa) trata de escapar al suelo, pero es detenida por la capa de cristal. Este dispositivo permitía acumular grandes cantidades de electricidad y se podían extraer chispas impresionantes conectando el interior y el exterior de la botella con un alambre. La primitiva botella de Leyden se ha convertido hoy en varios tipos de condensadores.” (Belendez, 2008).

*Ilustración 36. Botella de Leyden Casera.*



Si se duplica la magnitud de la carga en cada conductor, también se duplican la densidad

de carga en cada conductor y el campo eléctrico en cada punto, al igual que la diferencia de potencial entre los conductores; sin embargo, la razón entre la carga y la diferencia de potencial no cambia. Esta razón se llama capacitancia  $C$  del capacitor” (Young, 2009)

Se define matemáticamente como:

$$C = \frac{Q}{V_{ab}}$$

### **Resistencia.**

Partiendo del hecho de que no existen conductores perfectos y los que lo pueden hacer no se encuentran a temperaturas ordinarias como lo es el caso de los superconductores, todos los materiales por lo tanto poseen una resistencia que se opone al paso de la corriente eléctrica, la cual depende de 4 factores:

- ) La naturaleza del material que se usa.
- ) La temperatura a la que esté sometida el conductor.
- ) La longitud del conductor.
- ) La sección transversal del conductor.

La Resistencia de un material aumenta al aumentar su temperatura o su longitud, también cuando se reduce el espesor del material y disminuye la temperatura. La resistencia se representa con la letra  $R$  y se mide en ohmios que se representa con la letra griega omega  $\Omega$  (D., 1977).

### **Diferencia de potencial.**

La diferencial de potencial o voltaje hace referencia al trabajo que realiza una carga para llegar de un lugar a otro, cuando se evalúa matemáticamente se debe recordar que el trabajo se

describe a través de una integral de línea dada por un producto punto.

$$\int_a^b \vec{F} \cdot \vec{d}\vec{l} = \int_a^b F \cos \theta dl$$

Si  $\vec{F}$  es conservativa, el trabajo se puede expresar en términos de una energía potencial  $U$ .

$$W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b = -(U_b - U_a) = -\Delta U$$

Aparte de eso el teorema del trabajo y la energía establece que el cambio en la energía cinética  $\Delta K = K_b - K_a$  durante cualquier desplazamiento es igual al trabajo total realizado sobre la partícula. Si el único trabajo efectuado sobre la partícula lo realizan fuerzas conservativas, entonces la ecuación anterior da el trabajo total, y  $K_b - K_a = -(U_b - U_a)$ . (Young, 2009)

### **Ley de Faraday.**

La ley de Faraday dice que se puede generar una rotación en un campo eléctrico siempre y cuando se varíe un campo magnético respecto al tiempo, lo que matemáticamente se expresa así:

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

Para el caso de un transformador de microondas que funciona con corriente alterna esta ecuación se cumple teniendo en cuenta que el campo magnético es directamente proporcional a la corriente.

Para un embobinado de  $N$  vueltas la inducción electromagnética se puede describir a partir de la siguiente ecuación.

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

### **Corriente eléctrica.**

Una corriente eléctrica consiste o da razón respecto a cómo se ve afectado el estado de electrificación de un cuerpo. Suele describirse como la variación de la carga respecto al tiempo, cuando este desplazamiento tiene lugar en una trayectoria de conducción que forma una espira cerrada, la trayectoria recibe el nombre de circuito eléctrico. (Young, 2009)

Se describe matemáticamente como:

$$I = \frac{dq}{dt}$$

### **Corriente alterna.**

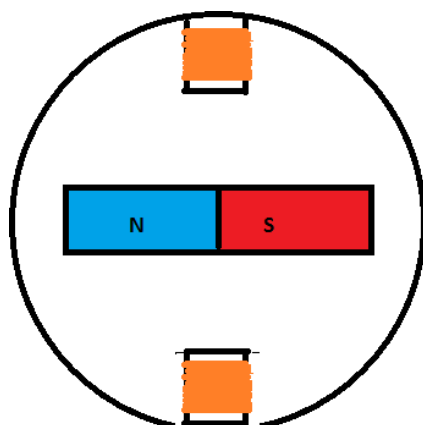
Llamamos corriente alterna a toda corriente que invierte su sentido periódicamente de una manera sinusoidal (Vazquez, 1989), estas corrientes se pueden generar a través de la variación de un flujo magnético por inducción a través de un alternador.

Un alternador es un dispositivo que usa la ley de inducción de Faraday para generar corrientes eléctricas variables respecto al tiempo, el diseño más común de un alternador consta de un imán el cual ira girando alrededor de cierta cantidad de embobinados tal como se muestra en la figura 3.

Nikola Tesla es el descubridor de la corriente alterna para ello ideo un sistema de corriente trifásica en donde el alternador en lugar de poseer solo dos embobinados tiene tres, considerando que para ello la circunferencia tiene que dividirse en 3, de tal manera que cada

embobinado se colocara a 120 grados cada uno separado del otro.

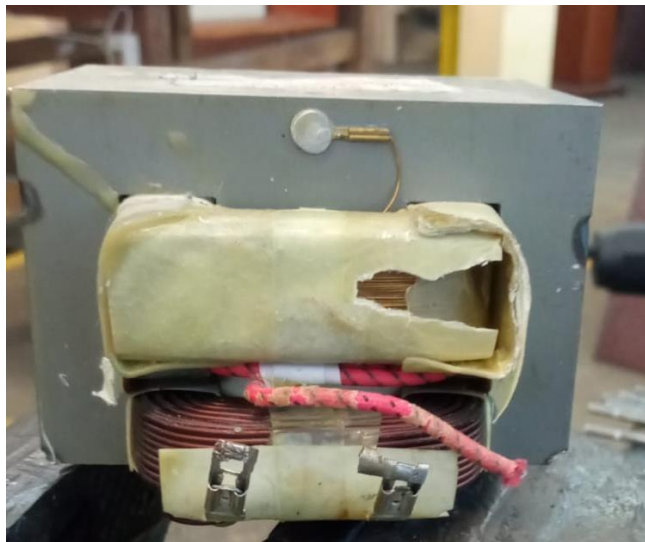
*Ilustración 37. Alternador.*



*(Nota La imagen corresponde a una representación de un alternador con dos embobinados).*

Dada la naturaleza de la CA esta sirve para generar una fuerza electromotriz (fem) a algún otro circuito, por eso al momento de conectar el transformador de microondas habrá una entrada de CA en el embobinado primario, este embobinado se encuentra hecho alrededor de un núcleo metálico que está hecho de silicio, este núcleo es bastante importante dado que distribuye el campo magnético a través de sus paredes haciendo que la variación de este mismo aumente y de paso que se obtenga un mayor voltaje de salida; mientras la corriente se encuentra oscilando en el circuito esta generara un cambio en el vector campo magnético producido por la corriente misma, y como lo describimos anteriormente la corriente es directamente proporcional al campo magnético lo que hará que cambie su magnitud durante estas oscilaciones, producto de eso el embobinado secundario que posee el transformador tendrá una corriente eléctrica.

*Ilustración 38. Transformador de microondas CA.*



Debido a la configuración del otro devanado este producirá un voltaje de salida mucho mayor al original, dado que se encuentra construido con hilos muchos más finos asegurando así un mayor número de vueltas en este, como se puede ver en la ecuación de la Ley de Faraday de forma integral donde el número de vueltas es directamente proporcional a la fem.