

**PROPUESTA DE AULA DESDE EL EXPERIMENTO DE HEINRICH HERTZ  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE IDEAS ALREDEDOR DE LA EXISTENCIA  
DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS**

**Presentado por:**

**ERIKSON RODRIGUEZ ORTIZ**

**Asesora:**

**CARMEN EUGENIA FONSECA CUENCA**


**LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN: LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA  
ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**


**BOGOTÁ D.C. ENERO 2017**

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 20-02-2017	Página 1 de 6	

1. Información General	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Propuesta de aula desde el experimento de Heinrich Hertz para la construcción de ideas alrededor de la existencia de las ondas electromagnéticas.
<b>Autor(es)</b>	Rodríguez Ortiz, Erikson.
<b>Director</b>	Fonseca Cuenca, Carmen Eugenia.
<b>Publicación</b>	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional 2016. 82 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	ONDAS, ELECTROMAGNETISMO, ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS, PROPUESTA DE AULA, EXPERIMENTACIÓN, CONTEXTO HISTÓRICO.

2. Descripción
<p>Trabajo de grado presentado al Departamento de Física de la UPN, en el cual se desarrolla la base teórica e histórica de la teoría de las ondas electromagnéticas, a partir de los trabajos de Michael Faraday, James Maxwell y Heinrich Hertz para realizar un montaje equivalente al último experimento realizado por Hertz, el cual era capaz de producir y detectar ondas electromagnéticas. De esta forma se diseña una propuesta de aula enfocada a interrelacionar la actividad experimental con la construcción teórica, a partir de la elaboración de preguntas abiertas que fomentan una discusión entre los estudiantes, y que posteriormente son puestas en duda mediante la interacción con el montaje experimental.</p>

3. Fuentes
<p>1. Alonso, M, y Finn, E. (1987). Física volumen II: campos y ondas (Carlos Heras, José Barreto y Rómulo Ballesterro, versión española). Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana S.A. (Obra original publicada en 1967).</p> <p>2. Aparatos para la enseñanza de las leyes físicas del siglo XIX. (s.f.). Recuperado de:</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 20-02-2017</b>	<b>Página 2 de 6</b>	

[https://www.upct.es/seeu/\\_as/divulgacion\\_cyt\\_09/Libro\\_Historia\\_Ciencia/web/carrete\\_de\\_ruhmkorff.htm](https://www.upct.es/seeu/_as/divulgacion_cyt_09/Libro_Historia_Ciencia/web/carrete_de_ruhmkorff.htm)

3. Braun, E. (1992). Electromagnetismo: de la ciencia a la tecnología. XV. Hertz, Ondas electromagnéticas. Recuperado de:

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec\\_17.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec_17.htm)

4. Berkson, W. (1985). Las teorías de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein. Madrid: Alianza.

5. Cantu, L. (1983). Electricidad y magnetismo para estudiantes de ciencia e ingeniería. México: Editorial Limusa.

6. Experimento de Hertz. (s.f.). Recuperado de:

<http://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria15/hertz.pdf>

7. Faraday, M. (1855). Sobre algunos puntos de filosofía magnética (María Gramajo y Carlos Orozco trad.). Inglaterra: Philosophical Magazine.

8. Faraday, M. (1852). Sobre las líneas de fuerza magnética (María Gramajo y Carlos Orozco trad.). Londres: Royal Institution Proceedings.

9. Ferreirós, J. y Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación, N<sup>o</sup>102, (34), 47-86. México: CRÍTICA, Revista Hispanoamericana de Filosofía.

10. Gambau, J. (s.f.). Los experimentos de Hertz. Recuperado de:

<https://es.scribd.com/doc/111701710/Los-Experimentos-de-Hertz>

11. Hertz, H. (1989). Ondas electromagnéticas. Selección de Manuel García Doncel y Xavier Roqué. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.


12. Hertz, H. (s.f.). Sobre las relaciones entre la luz y la electricidad.

13. Instituto Politécnico Nacional IPN (s.f.). Proyecto Aula. Recuperado de

<http://www.dems.ipn.mx/Paginas/Docentes/PROYECTO-AULA.aspx>

14. Instituto San Isidoro (s.f.). Carrete o bobina de Ruhmkorff Aparatos del antiguo gabinete de física. Recuperado de: <http://institutosanisidoro.com/fisica-quimica/carrete-de-ruhmkorff.html>

15. Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2011). El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y Construcción de magnitudes. Bogotá

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 20-02-2017</b>	<b>Página 3 de 6</b>	

D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.

16. Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

17. Martínez, S. y Huang, X. (2015). Hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas. México: Instituto de Investigaciones Filosóficas/Bonilla-Artigas Editores.

18. Maxwell, J. (1873). A treatise on electricity and magnetism, Vol. 2. New York: Cambridge University Press.

19. Maxwell, J. (1998). Escritos científicos (José Manuel Sánchez Ron, trad.), 80-103, 139-157. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

20. Roca Tort, M. (2005). Las preguntas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, (33), 74-80. México: Revista Educar.

21. Romero, O. (2009). El ciclo PODS: método que permite generar aprendizajes significativos de electromagnetismo a alumnos de segundo grado de secundaria. México: Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/IsabelBautistaNavarr/el-ciclo-pods>


22. Shapiro, Alan E. (2007). La “filosofía experimental” de Newton. Estudios de Filosofía, (35), 111-147. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-36282007000100005&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-36282007000100005&lng=en&tlng=es).

23. Torres Carrillo, A. (s.f.). Mirando hondo: reflexiones del estado de la educación popular.

24. Zappalá, D., Köppel, A. & Suchodolski, M. (2011). Propuestas pedagógicas por áreas de aprendizaje.

#### 4. Contenidos

El trabajo de grado se divide en tres capítulos. En el primero se encuentra la presentación del documento, en donde se habla de cómo nace la idea de recrear el experimento de Hertz, proyectando lo anterior en la pregunta problema, para más adelante mencionar los objetivos bajo los cuales se dio respuesta a la pregunta. Luego, se indica la importancia que se le otorga al

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>FORMANDO LA NACIÓN</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 20-02-2017</b>	<b>Página 4 de 6</b>	

experimento en el campo de la Física, en el desarrollo del electromagnetismo y más específicamente en lo relacionado a las Ondas Electromagnéticas. Así pues, se menciona la finalidad de llevarlo al aula de clase argumentando la capacidad de la actividad experimental y se toman en cuenta los antecedentes vinculados.

El segundo capítulo tiene como fin traer a la memoria algunos de los trabajos anteriores a Hertz, con la intención de ser lo más fiel posible a la forma en la que se establecieron las ideas sobre Ondas Electromagnéticas. Se mencionan los trabajos de mayor influencia de Michael Faraday y James Clerk Maxwell. Posteriormente se habla del trabajo desarrollado por Hertz con cada uno de los montajes que él elaboró y su respectivo análisis. Finalmente, se toman en cuenta tanto el rol que ha tenido el experimento como las distintas interpretaciones a las que ha sido llevado gracias al avance de la ciencia.


En el tercer y último capítulo se presenta la estrategia implementada y tiene un enfoque especial dirigido a uno de los últimos montajes elaborados por Hertz, especificando cada una de sus partes. Se muestra la reconstrucción de este mismo, comparando cada una de sus partes con el montaje que se elaboró para el trabajo de grado. Consecuentemente se menciona la construcción de la propuesta de aula, es decir, qué fue considerado para elaborarla. Al llegar a este punto se muestra el análisis de la propuesta, el cual contiene cada una de las preguntas que se plantearon a los estudiantes, con sus respectivos resultados y análisis. Finalmente, se encuentra un apartado con las conclusiones que se obtuvieron después de haber ejecutado y analizado los resultados de esta investigación.

### 5. Metodología

Se realiza una fundamentación teórica desde una perspectiva histórica. De esta manera se sienta un precedente de las ideas relacionadas con las ondas electromagnéticas y su aprobación dentro de la comunidad científica de la época, que eventualmente resultó en la experimentación de Heinrich Hertz. Además, se presentan las diferentes construcciones sobre lo que es la experimentación y la teoría, y así mismo, la perspectiva desde la cual se aborda el trabajo de grado. Finalmente, se hace el diseño de la propuesta de aula, mostrando la construcción tanto de las preguntas como del montaje experimental.

### 6. Conclusiones


- La experimentación es parte esencial en cualquier tipo de formación en ciencias, además que mediante esta se logra generar nuevos contenidos que no necesariamente están relacionadas directamente con su objetivo principal, por ejemplo, en el caso de este trabajo de grado, el experimento de Hertz no solo permitió el estudio de las ondas electromagnéticas, sino que además permitió abordar y profundizar en algunos de los

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>ANEXO 10 - 2017</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 20-02-2017</b>	<b>Página 5 de 6</b>	

contenidos del curso de Electromagnetismo II, con la generación de ideas relacionadas a cada uno de los tópicos estudiados.

- Mediante la implementación de la estrategia de aula, los estudiantes fortalecieron sus conocimientos previos, quedando planteadas sus fortalezas y algunas confusiones que surgieron durante la realización de la misma; además de que este experimento en particular facilitó a los estudiantes la comprensión entorno a las ondas electromagnéticas y los fenómenos de emisión, propagación y recepción. Dado que la experimentación ha sido parte fundamental en la construcción de la ciencia desde sus inicios como filosofía, y que es un proceso que va de la mano con la construcción teórica, se considera indispensable en la formación de los estudiantes.
- La importancia de reconocer la historia, trayendo a la memoria los trabajos anteriores al de Hertz, permite reconstruir la ruta de desarrollo de la ciencia bajo una realidad más objetiva, ya que se tiene el imaginario de la construcción de la ciencia como algo lineal e independiente de cada científico, sin embargo este largo proceso de construcción contiene varias fluctuaciones y cada uno de los científicos están directa o indirectamente relacionados, siendo esta la base fundamental en el establecimiento de las diferentes teorías físicas.
- El experimento de Hertz construido y desarrollado, para la generación de ideas sobre las O.E, revela su utilidad ya que dicho instrumento facilita y amplía la visión de algunos conceptos del electromagnetismo tales como: la propagación de una onda electromagnética, la carga en movimiento, la autoinducción, ley de Ampere, ley de Faraday, además de la utilidad didáctica que posee el instrumento de la generación y recepción de O.E.
- El instrumento demostró ser una herramienta útil para el fortalecimiento de algunos conceptos teóricos que actualmente se desarrollan en los cursos relacionados con electromagnetismo tales como: los fenómenos de propagación, emisión y recepción en el curso Electromagnetismo II, ya que este, de una manera un poco más amena, muestra la forma en que se relacionan estos conceptos teóricos con el modelo experimental.

De esta manera se muestran las utilidades prácticas que facilita el instrumento, de tal forma que se pueda llevar al aula como una alternativa pedagógica diferente para la enseñanza de ciertos conceptos que son importantes en el campo del electromagnetismo. De igual forma, la construcción de dicho instrumento no requiere de una gran inversión de dinero y se puede construir de una forma muy sencilla. Así, los mismos estudiantes pueden construir sus propios instrumentos que les ayuden en sus procesos de aprendizaje.

 <p>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL</p>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 20-02-2017</b>	<b>Página 6 de 6</b>	

<b>Elaborado por:</b>	Erikson Rodríguez Ortiz
<b>Revisado por:</b>	Carmen Eugenia Fonseca Cuenca

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	21	02	2017
--	----	----	------

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO I: CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. OBJETIVOS .....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4. ANTECEDENTES.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	20
2.1. CONSTRUCCIÓN DISCIPLINAR.....	20
2.1.1. Michael Faraday (1791-1867).....	20
2.1.2. James Clerk Maxwell (1831-1879) .....	26
2.1.3. Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894).....	31
2.2. EL PAPEL DEL EXPERIMENTO.....	35
2.2.1 Algunas interpretaciones de la observación, experiencia y experimentación .....	35
2.2.2. Sobre algunos autores.....	37
CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA .....	39
3.1. SOBRE LA MÁQUINA DE HERTZ Y SU RECONSTRUCCIÓN .....	39
3.2. SOBRE LA MÁQUINA CONSTRUIDA.....	40
3.3. SOBRE LA PROPUESTA DE AULA .....	45
3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PROPUESTA .....	49
CONCLUSIONES .....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXO I .....	63
ANEXO II .....	70



*Dedico este trabajo a mi familia y a las futuras generaciones.*

*Pelea la buena batalla de la fe; no dejes escapar la vida eterna, pues para eso te llamó Dios y por eso hiciste una buena declaración de tu fe delante de muchos testigos.*

*(1 TIMOTEO 6:12)*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a Dios que me ha permitido vivir en esta tierra haciéndome la persona que soy el día de hoy, a través de cada una de las personas que puso en mi camino; en cada momento que necesite un consejo él no me abandono y aunque muchas veces fui infiel él fue fiel y misericordioso para cumplir su palabra sobre mi vida.*

*A mi madre quien es piedra angular de vida, y palabras de su boca sobre mí solo son de bendición. A ella a quien debo la vida es la persona que más le agradezco este logro porque ella es una persona única en el mundo y su manera de ver la vida me ha impulsado a seguir hacia adelante a pesar de los tropiezos, este logro es tanto tuyo como mío, porque ambos hicimos los sacrificios necesarios y solo tú y yo sabemos las pruebas por las cuales Dios nos llevó y cada uno de los propósitos que él tenía, tiene y tendrá para nuestra vida.*

*A mi familia que me apoyo incondicionalmente en cada etapa de mi vida y que han puesto cada granito de arena para mí. A mi abuela Gilma que amo con todo mi corazón, por ser consejera en cada decisión con su sabiduría. A mi tía Aidé y mi tío Diego que me adoptaron en su hogar como un hijo y me trataron como tal, a pesar de las dificultades y las luchas por las cuales pasaron. A mi hermana amada Paula que es mi ejemplo de vida y sin cuya ayuda no estaría en el lugar que me encuentro hoy. A mi tío Fredy que ha estado pendiente desde mi nacimiento, y con su dedicación y perseverancia se ha llevado toda mi admiración. A mi tío Fabián que estuvo presente con su ayuda incondicional y su sentido del humor. A Daniel que con su curiosidad ha permitido que investigue cada vez sobre los fenómenos de la naturaleza. A los Garzón que me permitieron hacer parte de su familia y especialmente a Wilson por hacer el sacrificio de cada día. A mi Hermano Juan David que me ha mostrado la importancia de la dedicación a las metas que nos planteamos.*

*A mi novia Bibiana que me acompañó desde el comienzo de mi formación como docente, con su amor, su bondad, su amabilidad y sobre todo su resiliencia, que le permitió a pesar de las nuestras diferencias, observar solamente mis virtudes.*

*A mis amigos, Dario abril, Steven Triana, John Ricardo, Jhony cuervo, Jorge Melo; que su lealtad es capaz de romper con la distancia y el tiempo.*

*A las maestras Sandra Forero y Marina Garzón por incentivar me a iniciar esta investigación.*

*A la maestra Carmen Fonseca por dirigir este trabajo.*

## INTRODUCCIÓN

Un contenido fundamental en la formación de un docente de Física corresponde a la temática de ondas electromagnéticas (O.E), ya que, con frecuencia, distintos fenómenos de la naturaleza son susceptibles de ser analizados bajo esas características. Por consiguiente, este trabajo de grado explora el experimento de Hertz, el cual posibilitó la consolidación de la teoría de campos con la confirmación de las ecuaciones de Maxwell. Si bien Hertz no es considerado el pionero en la detección de las ondas electromagnéticas (ya que Hughes, inventor del micrófono, ya las había producido y detectado), sí fue el primero en elaborar una serie de experiencias que dieran una explicación de tales ondas, con lo cual Hertz dio un paso importante en la construcción de nuevo conocimiento científico.

En ese sentido, se realiza inicialmente una breve reseña histórica del trabajo realizado sobre las O.E. elaborado por Hertz, para así rastrear las ideas previas del origen de este experimento desde los trabajos expuestos por Faraday y Maxwell, además de la investigación realizada por Hertz que se encuentra en su texto publicado con el nombre original de “Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft” (Hertz, H., 1894) y traducido con el título de “Las ondas electromagnéticas”. En este documento se evidencian las distintas variaciones que se producen en su montaje inicial, permeado de una serie de ideas previas e hipótesis que posteriormente le permiten construir un instrumento que da cuenta de la existencia de O.E., al propiciar características tales como el periodo, la longitud de la onda, su naturaleza transversal, entre otras. Debido a que para Hertz los fenómenos de emisión, propagación y recepción son primordiales para generar ideas y arrojar información sobre la naturaleza ondulatoria, también son fundamentales en la construcción de experiencias capaces de establecer la afirmación de que *“Al planear los experimentos<sup>1</sup>, al describirlos, ya no pensamos eléctricamente. Ya no vemos corrientes fluyendo en conductores y electricidades acumulándose sobre ellos; vemos sólo ondas en el aire”*. (Hertz, H., 1889). Sobre las relaciones entre la luz y la electricidad.)

Dado lo anterior, se dispuso reconstruir un montaje equivalente al que elaboró Hertz para la realización de sus experimentos, con énfasis en el estudio de la emisión,

---

<sup>1</sup> Aquí Hertz hace referencia a los experimentos mencionados en el Marco teórico

propagación y recepción de O.E. El objetivo es que el montaje pueda ser llevado al aula de clases, de tal forma que se establezcan diferentes situaciones mediante una propuesta de aula que permita que el estudiante tenga la oportunidad de asumir el papel de experimentador.

En síntesis, mediante una propuesta de aula, se reconstruye el experimento de Hertz, de tal manera que el estudiante, al interactuar con el experimento y al realizar pequeñas variaciones, logre construir algunas ideas alrededor de los fenómenos de emisión, propagación y recepción de las Ondas Electromagnéticas.

El presente trabajo de grado, se divide en tres capítulos. En el primero se puede encontrar la presentación del documento, hablando un poco de cómo nace la idea de recrear el experimento de Hertz, proyectando lo anterior en la pregunta problema y para más adelante mencionar los objetivos planteados bajo los cuales se dio respuesta a la pregunta. Luego, se indica la importancia que se le otorga al experimento en el campo de la Física, en el desarrollo del electromagnetismo y más específicamente en lo relacionado a las Ondas Electromagnéticas. Así pues, se menciona la finalidad de llevarlo al aula de clase argumentando la capacidad de la actividad experimental; finalmente se toman en cuenta los antecedentes vinculados.

El segundo capítulo contiene el marco teórico y tiene como fin traer a la memoria algunos de los trabajos anteriores a Hertz, con la intención de ser lo más fiel posible a la forma en la que se establecieron las ideas sobre Ondas Electromagnéticas; de ahí que se mencionen los trabajos de mayor influencia tales como los de Michael Faraday y James Clerk Maxwell. Posteriormente se habla del trabajo desarrollado por Hertz con cada uno de los montajes que él elaboró y su respectivo análisis. Finalmente, se toman en cuenta tanto el rol que ha tenido el experimento como las distintas interpretaciones a las que ha sido llevado gracias al avance de la ciencia.

El tercer y último capítulo se presenta la estrategia implementada y tiene un enfoque especial dirigido a uno de los últimos montajes elaborado por Hertz, especificando cada una de sus partes. De la misma manera se muestra la reconstrucción de este mismo, comparando cada una de sus partes con el montaje que se elaboró para el trabajo de grado. Consecuentemente se menciona la construcción de la propuesta de aula, es decir, qué fue considerado para elaborarla. Al llegar a este punto se muestra el análisis de la propuesta, el cual contiene cada una de las preguntas que se plantearon a los estudiantes,

con sus respectivos resultados y análisis. Finalmente, se encuentra un apartado con las conclusiones que se obtuvieron después de haber ejecutado y analizado los resultados de esta investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Uno de los asuntos más importantes en la enseñanza de las ondas electromagnéticas reside generalmente en la realización de actividades experimentales, puesto que estas actividades están orientadas a detectar efectos que son inaccesibles de manera directa y pretenden exhibir rasgos y peculiaridades de su misma representación (Malagon Sanchez , Ayala Manrique, & Sandoval Osorio, 2013). Esto quiere decir que mediante los efectos observados, son formuladas diferentes hipótesis en relación a las teorías existentes, con el fin de encontrar la más adecuada, tal y como se muestra en las experiencias planteadas por Hertz. No obstante, en la mayoría de los casos las O.E. son abordadas únicamente desde las ecuaciones de Maxwell, a partir de las cuales se deducen haciendo uso de algunas relaciones matemáticas. En este sentido, y en relación con este trabajo de grado, el rol del experimento en la enseñanza de la Física, es el de construir y ampliar un entramado de hechos de observación (fenómenos de emisión, propagación y recepción) que serán estructurados a partir de una organización conceptual determinada., Esto es, asociar los efectos que se pueden observar en el experimento de Hertz con la teoría de Ondas Electromagnéticas.

De esta manera, como lo menciona Malagon Sanchez , Ayala Manrique, & Sandoval Osorio (2013), la actividad experimental no puede desligarse de la enseñanza de la Física, ya que hace posible la construcción de explicaciones y comprensiones de los fenómenos analizados. De este modo, y al abordar el trabajo que desarrolla Hertz en sus investigaciones, se muestran los diferentes tipos de situaciones problema que finalmente desembocan en la construcción de un oscilador capaz de generar una chispa. En el momento de generación de la chispa, se evidencia una inducción en otro dispositivo totalmente apartado del primero, que a su vez genera una chispa con una menor intensidad. En relación a esto, el problema radica en que lo único que puede ser observado son las chispas, por lo tanto solamente con la evidencia de estos efectos no es fácil llegar al concepto de O.E., y es ahí donde el objeto del trabajo reside en formar una serie de experiencias que permitan establecer o dar cuenta de que el efecto de generación de las chipas está relacionado con un fenómeno ondulatorio, como por

ejemplo las experiencias alrededor de los fenómenos de emisión, propagación y recepción.

Por otro lado, el desconocimiento de las O.E. implica que un Licenciado en Física en formación no logre llegar a la comprensión de los fenómenos asociados a estas ondas, cuestión que puede tener dos consecuencias: la primera, es pretender discernir desde sus conocimientos previos los fenómenos de las O.E., lo cual puede repercutir en ideas equivocadas que afectan tanto a sus futuros alumnos, como a él mismo; y la segunda, podría asumir de manera autónoma el estudio de dicho tema con ayuda de sus conocimientos previos, lo que no permitiría la experimentación directa con el dispositivo.

En relación a lo mencionado anteriormente, en el desarrollo de la asignatura Electromagnetismo II ofrecida en el pensum de la Universidad Pedagógica Nacional, el tema de O.E es uno de los últimos en ser tratados en este espacio académico, y generalmente las propiedades ondulatorias se obtienen a partir en las ecuaciones de Maxwell. Se comprende que en la mayoría de cursos muy difícilmente se estudia este tema de una manera más profunda debido al tiempo establecido y los diferentes acontecimientos que no permiten el desarrollo adecuado de la clase. Algunos de los estudiantes que cursan las asignaturas relacionadas con el tema de ondas electromagnéticas mencionan que cuando se llega a estudiar tal temática no se tratan los experimentos que dieron razón de las mismas, es decir, los experimentos de Heinrich Hertz no se mencionan y desde luego tampoco se aborda el desarrollo histórico del tema; en el poco tiempo que se tiene solamente se habla de la naturaleza de las O.E., es decir lo que las produce (una carga eléctrica acelerada) y su característica de onda transversal, dejando de lado las características que encontró Hertz en sus experimentos a partir de la emisión, propagación y recepción del efecto de la generación de la chispa. Cabe resaltar que estas propiedades son de suma importancia, debido a que son estos primeros efectos, los que permiten establecer las características ondulatorias.

Desde estas perspectivas surge este trabajo de grado, dando origen a la siguiente pregunta problema:

¿Cómo el experimento de Heinrich Hertz, estructurado desde una propuesta de aula, permite a los estudiantes de la Licenciatura en Física construir ideas

alrededor de la existencia de las ondas electromagnéticas a partir del estudio de los fenómenos de emisión, propagación y recepción?

Esta pregunta permitirá profundizar en el estudio de los fenómenos ya mencionados asociados a las O.E. desde algunas experiencias que hicieron posible su consolidación, de tal manera que los estudiantes logren construir ideas alrededor de este concepto a partir del trabajo realizado por Hertz, relacionando los fenómenos mencionados con ideas previas adquiridas en sus cursos anteriores.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. *Objetivo General***

Diseñar e implementar una propuesta de aula en relación con el experimento de Heinrich Hertz, para los estudiantes de cuarto semestre de Licenciatura en Física, que permita construir ideas alrededor de la existencia de las ondas electromagnéticas a partir de los fenómenos de emisión, propagación y recepción.

### **1.2.2. *Objetivos Específicos***

1. Realizar una reseña histórica acerca de los fenómenos de emisión, propagación y recepción de las ondas electromagnéticas desde la perspectiva de Hertz, y su aporte en la consolidación del concepto de onda electromagnética.
2. Construir el montaje experimental para el trabajo práctico de los fenómenos de emisión, propagación y recepción.
3. Diseñar una propuesta de aula que permita analizar los fenómenos de emisión, propagación y recepción de las ondas electromagnéticas desde el experimento de Heinrich Hertz.
4. Implementar la estrategia de aula a los estudiantes de cuarto semestre de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional.
5. Analizar el impacto de la propuesta de aula aplicada a los estudiantes en relación a los resultados obtenidos.



### 1.3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de los experimentos de Hertz resultó crucial para la Física porque mediante ellos se encontraron una serie de características entorno a las O.E. predichas por la teoría de Maxwell, y cuyas ideas y concepciones estaban permeadas en su mayoría por el trabajo de Faraday. Esto demuestra que la construcción científica está ligada completamente a la historia, y es mediante el desarrollo histórico que se problematizan los nuevos eventos científicos, guiados por ideas e hipótesis de la época, en las que usualmente se desconoce el destino final al que lleva la investigación.

Este es el caso de Hertz, cuyo propósito fundamental no se relacionaba con el estudio de las O.E. sino que pretendía demostrar que la variación de la polarización de las sustancias dieléctricas produce un campo magnético, siendo esta primera premisa, lo que desembocó en el montaje experimental capaz de producir y detectar O.E. y que estaría indirectamente relacionada con sus trabajos posteriores. Además de esto, el mismo Hertz en su trabajo de ondas electromagnéticas nos muestra que inicialmente cada resultado obtenido mediante la experimentación, era interpretado como una refutación a la teoría de Maxwell, sin embargo, en las experimentaciones posteriores fue capaz de transformar estas ideas, para complementarlas con esta teoría. Hay que reconocer que la historia nos permite rastrear los orígenes, mostrando objetivamente el contexto teórico en que se realizaron estos experimentos y se formularon nuevas teorías, cuyas construcciones, como es sabido, no son netamente lineales.

En este caso, la importancia de los experimentos llevados a cabo por Hertz y las dificultades que encontró a lo largo de su desarrollo (por ser este un experimento crucial para contrastar las teorías de la época con lo relacionado a los fenómenos de tipo electromagnético), hacen parte de la situación problema que todo científico o estudiante de ciencias debe tener en consideración, la relación entre teoría y experimento, de tal manera que mediante la elaboración de nuevos experimentos verifique la concordancia o discrepancia a la luz de las teorías, sin olvidar que debe tener una mirada objetiva frente a la experiencia observada. Es decir, razonar sin juicios previos para aportar al desarrollo pleno de la ciencia, esperando que los resultados experimentales puedan ser contrastados por otros investigadores.

Con base en lo anterior para los procesos en el ámbito académico, es claro pensar que al establecer un desarrollo histórico de la mano del proceso de reconstrucción

experimental se generará una comprensión más acertada de los resultados obtenidos en la caracterización de las O.E., con una breve mención de que el experimento de Hertz, y al cual rara vez se alude, es decisivo para la consolidación de la teoría de campos.

Por dichas razones, mediante la reconstrucción experimental de los trabajos realizados por Hertz se planea que la propuesta de aula, delimitada para los fenómenos de emisión, propagación y recepción de las O.E. ubique al estudiante en papel de investigador, es decir, dejar que el estudiante solucione sus dudas mediante una serie de situaciones propuestas, las cuales deberá abordar desde sus conocimientos adquiridos previamente, para así finalmente llegar a sus propias conclusiones. Esto en primer lugar, con el sentido de que se fortalezcan sus conocimientos; en segundo lugar, establecer la importancia de la actividad experimental para la construcción teórica y viceversa, sin dejar de lado el aporte de la historia: “la actividad experimental ayuda a la construcción o ampliación de una base fenomenológica o entramado de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta teoría” (Malagón Sánchez , Ayala Manrique, & Sandoval Osorio, 2011, pág. 140

#### **1.4. ANTECEDENTES**

Como antecedente de primer orden se tiene el trabajo de grado titulado *El oscilador de Hertz* elaborado por Pedro José Moreno Vargas de la Universidad Pedagógica Nacional publicado en 2001. En esta tesis de maestría se desarrolla un oscilador muy similar al trabajado por Hertz, y se propone evidenciar la manera en la que este científico llegó a demostrar las O.E., llegando al planteamiento de fenómenos ondulatorios, tales como la refracción, reflexión y el apantallamiento electrostático. Este trabajo finaliza con la intención de promover la iniciativa de abordar los trabajos originales en torno a diferentes fenómenos en el posgrado de Licenciatura en Física. Además de esto, plantea fenómenos ondulatorios como la refracción reflexión y apantallamiento electrostático. Dado lo anterior, esta tesis permite tener un acercamiento previo al experimento de Hertz, además de generar nuevas ideas en la reconstrucción del mismo, de tal manera que al compararlos se logre desarrollar un montaje más eficiente. En este mismo sentido con esta tesis se puede ver cómo fue llevado a cabo el experimento para la demostración de los fenómenos de refracción y reflexión, que servirán de guía para el desarrollo del montaje experimental de este trabajo de grado.

El siguiente antecedente de primer orden es el documento titulado *Propuesta fenomenológica para la enseñanza de las ondas electromagnéticas basado en los trabajos de Heinrich Hertz* elaborado por Angie Liseth Alfonso Romero de la Universidad Pedagógica Nacional publicado en 2012. En este trabajo de grado se encuentra una reconstrucción histórica de los fenómenos abordados por Hertz: la interferencia, la reflexión, la refracción y la polarización. Claro está que estas definiciones se presentan con notaciones más modernas, es decir, no de la misma manera en la que las reporta Hertz. Sin embargo, debido a que el enfoque son las Ondas Electromagnéticas (O.E.), este trabajo aporta en la medida en que brinda un punto de vista en relación a los fenómenos ya mencionados.

Comenzando con los antecedentes de segundo orden se encuentra el trabajo titulado *Enseñanza de los conceptos ondulatorios por medio de situaciones problema* elaborado por Diego Hernando Ramírez Melo de la Universidad Pedagógica Nacional publicado en 2006. Este proyecto se fundamenta sobre una propuesta de aula en la cual, mediante un carro a control remoto, es posible establecer una serie de problemas en relación a los conceptos ondulatorios, en donde los estudiantes construyen sus conceptos a partir de su experiencia, y de manera simultánea, se amplía con ayuda de consultas y debates. Este proyecto se acerca al tipo de propuesta de aula que se desea realizar, debido a que en ella se pretende que los estudiantes construyan ideas en relación a los fenómenos ya mencionados a partir de situaciones problemas que son resueltas desde la actividad experimental.

El siguiente antecedente de segundo orden se titula *Propuestas experimentales para el aprendizaje de las ondas mecánicas* elaborado por Melissa Giselle Cuastuza Arango y Andrés Felipe Ordoñez Jiménez de la Universidad Pedagógica Nacional publicado en 2006. Este proyecto se establece en tres pasos: el primero es recolectar datos entorno al conocimiento de las ondas mecánicas de los estudiantes; el segundo es realizar siete actividades donde se presentan ideas entorno a las ondas, para finalmente, como tercer paso, hacer la recolección de datos. De esta manera la realización del material para la recolección de datos propuestos por este antecedente, puede ser guía del diseño de la herramienta para este trabajo de grado.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1.CONSTRUCCIÓN DISCIPLINAR

El marco teórico de este trabajo de grado pretende ser lo más fiel posible al avance y progreso del concepto de onda electromagnética a lo largo de la historia de la Física, con énfasis en el trabajo desarrollado por Heinrich Hertz. En ese sentido, se hablará un poco de algunos de los trabajos desarrollados por Michael Faraday, tales como *Sobre las líneas físicas de fuerza magnética* y *Sobre algunos puntos de filosofía magnética*, entre otros, como por ejemplo, *El Tratado de la Electricidad y Magnetismo*, expuesto por James Clerk Maxwell y finalmente el texto de *Ondas Electromagnéticas*, escrito por Heinrich Hertz. La importancia de poner en contexto las fechas en las cuales fueron publicados los textos y en qué periodos fueron elaborados a lo largo de la historia nos permite establecer una línea de tiempo en las construcciones teóricas y experimentales.

##### 2.1.1. Michael Faraday (1791-1867)

El inicio de la teoría de campos comenzó con el planteamiento del siguiente problema: ¿cómo un cuerpo puede actuar sobre otro? En esta pregunta se encuentran todas las manifestaciones de la naturaleza en cuanto a los distintos comportamientos de los cuerpos, como por ejemplo, la atracción que ejercen los imanes, el comportamiento de los cuerpos electrizados, entre muchos otros. Algunas de las primeras teorías se desarrollaron por parte de griegos como Tales, Demócrito y Platón, las cuales fueron recolectadas en la época del Renacimiento y después estudiadas y modificadas por algunos pensadores como Descartes, Galileo y Newton, siendo la propuesta de este último la más aceptada.

La teoría de Newton hablaba de una acción instantánea a distancia, en la cual los cuerpos están formados por corpúsculos y con base en estas premisas Newton desarrolló todo su trabajo, que sorprendentemente explicaba muchos de los fenómenos físicos estudiados en la época. Sin embargo, existían una serie de fenómenos que su teoría no lograba explicar (los de tipo magnético), dando paso entonces a una nueva teoría que permitiera explicarlos, la cual fue fundamentalmente una nueva teoría propuesta por Faraday. Berkson (1985) menciona que conocer la influencia de otros científicos sobre

la vida de Faraday y analizar sus ideas en torno al conocimiento del mundo permite comprender cada una de sus ideas propuestas.

Se podría clasificar a Faraday como un científico experimental. En cada experimento propuesto pretendía la mayor objetividad posible, evitando caer en preconcepciones sobre su misma teoría o sobre teorías ya establecidas. Así, lo que motivaba a Faraday era llegar a conocer un panorama más claro de la realidad que se percibe del mundo (Berkson, 1985). Cada una de sus concepciones sobre cómo conocer o cómo establecer las explicaciones más universales se pueden ver a lo largo de sus propios escritos.

### **La construcción del conocimiento según Faraday**

En principio sus ideas entorno a la construcción del conocimiento sobre los fenómenos del mundo se ven reflejadas al inicio de algunas de sus publicaciones. Por ejemplo:

En los últimos años he sido lo suficientemente osado, aunque solamente como un experimentalista para exponer nuevas visiones sobre la acción magnética en trabajos que tienen por títulos “Sobre las líneas de fuerza magnética” y “Sobre las líneas físicas de fuerza magnética”. (Faraday, 1855, p.14)

Como el mismo Faraday dice, sus nuevas visiones están netamente relacionadas con un trabajo experimental. Siguiendo el desarrollo de este trabajo en lo relacionado a los experimentos, nos propone establecer una cantidad de métodos que permitan describir los fenómenos observados en concordancia con lo que él denomina *fuerza*, en relación a la acción magnética, como son las teorías de los dos fluidos y las corrientes eléctricas<sup>2</sup>. Explica que una debe ser equivocada o tal vez lo son ambas, al aclarar que la matemática no puede solucionar este inconveniente, ya que, según Faraday, es imposible decidir cuál es mejor que otra y por esto tenemos que acudir a un razonamiento físico (Faraday,1855).

Continuando su explicación dice que nuestras visiones físicas son dudosas y debemos zafarnos de las preconcepciones para llegar a observar la fuerza en su pureza (Faraday,1855). En palabras de Faraday “podemos esperar por un debido juicio unido al experimento, obtener una resolución de la unidad magnética también”. Como se logra apreciar en las proposiciones de Faraday se encuentra una gran cantidad de ideas innovadoras cuyo eje fundamental es el experimento, en cada publicación sobre sus

---

<sup>2</sup> Estas teorías serán tratadas más adelante, en relación a las descripciones propias de la física

experimentos manifiesta la objetividad y discernimiento, incluso en sus propias presunciones, las cuales a través de la historia reflejan que sus teorías le permitieron establecer nuevos fenómenos y cuyos enfrentamientos con los experimentos permitió que sus propias teorías estuvieran en constante construcción hasta alcanzar un grado de perfección en la explicación de fenómenos eléctricos y magnéticos.

### **La construcción de la teoría física de Faraday**

Se logra ubicar el comienzo de la vida científica y el origen de las nuevas ideas de Faraday en el descubrimiento de Oersted en 1820, el cual consistía en hacer pasar por un cable una corriente eléctrica y al ubicar una brújula en los alrededores de este cable, su aguja se defleca en una dirección particular; según las conclusiones de Oersted, la corriente eléctrica produce un efecto magnético.

Faraday recreó este experimento analizando cuidadosamente cada una de las variables, formulando hipótesis, tanto newtonianas como no newtonianas, disponiéndolas en continua disputa para resolver este problema. Sin embargo, las ideas de Faraday estaban permeadas de hipótesis no newtonianas, como la teoría de Leibniz que ponía a la fuerza como una propiedad esencial de la materia, aparte de sus argumentos teológicos sobre la imposibilidad de que el mundo estuviera vacío. Por otro lado, Boscovich, que desarrolló su trabajo con la ciencia de Newton y la metafísica de Leibniz, encontró una mezcla de fuerzas atractivas y repulsivas que podían explicar la interacción entre diferentes cuerpos; finalmente, la teoría matemática de Poisson desarrollada a partir de la investigación sobre la fuerza entre cargas de Coulomb y de la hipótesis propuesta por Oersted en relación al campo alrededor de un alambre.

Berkson (1985) menciona que las teorías no newtonianas ofrecían a Faraday: primero, la unidad de todas las fuerzas; segundo, el rechazo de la materia extensa separada la fuerza, y tercero, la idea de que el mundo está lleno y que la acción no se lleva a cabo a distancia sino únicamente por contacto.

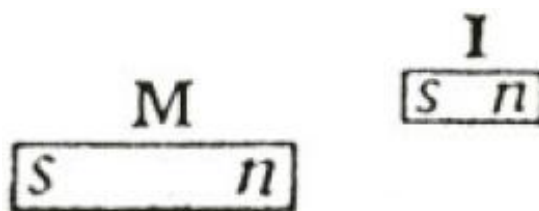
### **Algunos problemas propuestos por Faraday**

Para seguir con el análisis que realiza Faraday entorno al problema que plantea sobre el medio, se hablará acerca del experimento propuesto en el texto *Sobre algunos puntos de filosofía magnética*, y luego de las observaciones y afirmaciones que menciona en el

mismo texto, para aclarar y mostrar tanto qué pretendía Faraday con todas las experiencias, como el trabajo que desarrolló en torno al éter.

Antes de llegar a explicar el experimento propuesto por Faraday, él menciona los presupuestos e ideas de personas eminentes en este momento de la historia de la ciencia y las consideraciones que tienen en torno al magnetismo, siendo un poco más específico en lo que respecta a los polos magnéticos de un imán y el fenómeno del diamagnetismo.

Lo primero que piensa Faraday en torno a lo que puede ocurrir al acercar un imán a un material diamagnético como por ejemplo el bismuto, es lo siguiente: conociendo la polaridad de un imán, si acercamos el polo norte al bismuto este quedará polarizado como norte, es decir que lo repelerá, lo cual indica que su polarización será contraria a la del imán y el lugar al cual se haya acercado el imán tomará la misma polaridad. Ahora bien, luego de poner de precedente esta experiencia, menciona las ideas que poseen los “hombres eminentes” o grandes científicos que proponen la existencia de fluidos magnéticos o corrientes eléctricas, al hacer referencia a la fuente de poder magnético e intentar explicar toda la fenomenología propuesta sobre al magnetismo; Faraday (1855) propone examinar estas afirmaciones que son consideradas como verdaderas en la mayoría de los científicos de la época, para poner de presente la postura que mantiene y la da a conocer en su texto de la siguiente forma: “Para mí la idea parece involucrar, sino imposibilidades magnéticas, al menos una gran contradicción y mucha confusión, algunas de las cuales procedo enunciar pero con el deseo de elucidar el tema general” (Faraday, 1855, p.6).

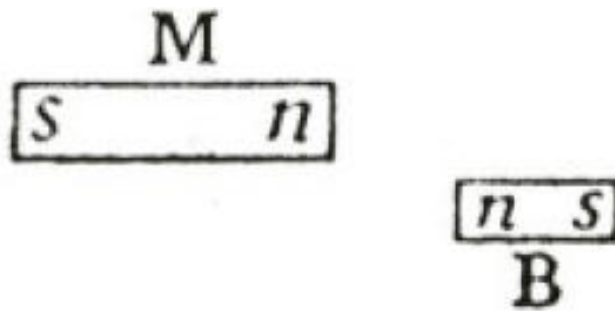


*Faraday, M.(1855). Sobre algunos puntos de filosofía magnética. [Figura1].*

Luego de esto, como él lo menciona, propone la siguiente experiencia, la cual se mostrará paso a paso, viendo cada cambio de configuración:

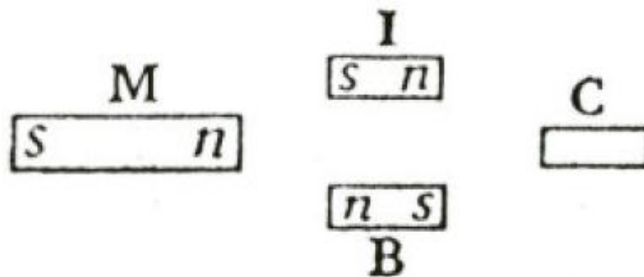
Se tiene la configuración de la figura 1, en donde M es un imán e I es un material paramagnético que inicialmente no se encuentra polarizado. Como se muestra en la

figura, el imán, desde su configuración (polo sur a izquierda y polo norte a derecha), actúa sobre el material paramagnético haciendo que este se polarice de tal forma que toma la polaridad del imán. Ahora bien, si a esta misma configuración se le añade un tercer trozo de un material diamagnético, en este caso el bismuto, ¿qué le deberá ocurrir con la presencia del imán?



*Faraday, M.(1855). Sobre algunos puntos de filosofía magnética. [Figura 2].*

En la figura 2 la letra B hace referencia al bismuto, además se puede observar que cuando el imán se acerca al bismuto, que es un material diamagnético, toma la polaridad contraria a la de este. Por ejemplo, para la figura 2 se acercó el polo positivo al extremo izquierdo del material, lo que hizo que el bismuto se polarizará en su parte izquierda con un polo norte y por lo tanto en su derecha con polo sur, es decir con polaridad contraria a la del imán como se puede observar en la figura 3.



*Faraday, M.(1855). Sobre algunos puntos de filosofía magnética. [Figura 3].*

Con esto en mente, lo que se ha establecido permite asegurar que el material paramagnético como el diamagnético ahora son imanes y si se ubican las configuraciones anteriormente mencionadas estos dos imanes (I y B) actúan sobre el imán M y si se ubica otro tipo de material C como lo muestra la figura 3 y se asegura



que luego de retirar el imán M, tanto B como I van a continuar polarizados, estos deberán actuar sobre el material C.

Enseguida de exponer la experiencia, Faraday (1855) menciona lo siguiente:

Cuando M actúa sobre I ejerce su influencia, de acuerdo con las recibidas (es decir la polaridad del imán), sobre todas las partículas del último llevándolas a una posición polar similar con él mismo; y éstas, consistentemente con la simple suposición, actúan también unas sobre las otras como imanes particulares y exaltan la polaridad de toda la masa en sus dos extremidades. De manera similar M debe actuar sobre B polarizando la masa y todas sus partículas, porque se debe operar sobre las partículas del cuerpo diamagnético B, aún las más pequeñas, y nosotros sabemos experimentalmente que un tubo lleno con bismuto en polvo actúa como lo hace una barra de metal. (p.7)

Luego planteó la siguiente pregunta: ¿cuál es la acción mutua entre estas partículas de bismuto? A lo cual respondió que, si acaso las partículas de bismuto tienen una polaridad inversa a las del imán, pero en caso de que fuere así, las partículas no podrían ser opuestas unas de la otra. Entonces establece lo siguiente en lo que respecta a las partículas: “Todas deben tener polaridad similar y el norte de una partícula debe estar opuesto al sur de la próxima en la dirección de la polaridad” (Faraday, 1855). Haciendo alusión a lo encontrado por el físico experimental John Tyndall, quién llegó a establecer que las partículas deben actuar unas sobre otras.

Para estos momentos la visión de los científicos u “hombres eminentes”, como les llamaba Faraday, estaba relacionada con fluidos magnéticos o corrientes eléctricas, desde las cuales explicaba una gran parte de fenómenos magnéticos. Según la experiencia anterior propuesta por Faraday, si se hablaba de fluidos o corrientes era asumir dos clases de magnetismo, ya que para que el imán polarice los dos materiales tiene que haber dos tipos de flujos o corrientes, lo cual pone en cuestión el aceptar una teoría en la cual el imán que actúa sobre algún tipo de material compuesto por partículas sean atraídas de manera aleatoria.

Con toda esta reconstrucción histórica en torno a las ideas planteadas por Faraday desde sus mismos escritos y los de Berkson, observamos que sus investigaciones son en gran

parte experimentales y casi imposibles de rebatir en este aspecto, Sin embargo, carecen de la estructura matemática.

Este estudio anterior es un pequeño esfuerzo por mostrar la capacidad y los aportes de Faraday, aunque estos fueron muchos más de los mencionados. Por ejemplo, en torno a la teoría de campos, una de las ideas clave en relación con la propagación de una perturbación, es la idea de que las perturbaciones de un campo necesitan tiempo para propagarse; además sus ideas entorno a la electricidad y magnetismo desde su generalidad de Líneas de Fuerza; también la analogía entre la estática y dinámica de la electricidad e incluso la idea de velocidad finita de propagación de las ondas, que es una idea clave en la teoría de campos.

Finalmente, aunque en los últimos años de su vida Faraday dedicara gran parte de su tiempo a establecer claramente en qué consistía su teoría, no fue apreciada debido a la fuerte concepción newtoniana de su tiempo. Sin embargo, un científico notable llamado James Clerk Maxwell influenciado por los trabajos de Faraday, desarrollaría toda la formulación matemática entorno a las áreas de electricidad y magnetismo, continuando con la construcción de la teoría de campos. Además de que la experiencia que se menciona en relación al imán y los tres materiales, hace referencia a un tipo de inducción que fue capaz de representar Faraday experimentalmente entre las corrientes eléctricas y el magnetismo.

### **2.1.2. James Clerk Maxwell (1831-1879)**

Maxwell tenía fuertes convicciones sobre el potencial de la teoría propuesta por Faraday, en principio debido a las ideas innovadoras que trataba y su capacidad experimental. A parte de ello, la etapa de la Física que vivió Maxwell presentaba grandes problemas en torno a la convergencia de una teoría que tratara la electricidad y el magnetismo, ya que las propuestas en la época no eran claras.

La nueva metafísica desarrollada por William Thomson, quien también admiraba el trabajo de Faraday, fue la utilizada por Maxwell para el desarrollo de sus ideas. En consecuencia, el trabajo de Maxwell, según Berkson (1985), pretende “construir teorías

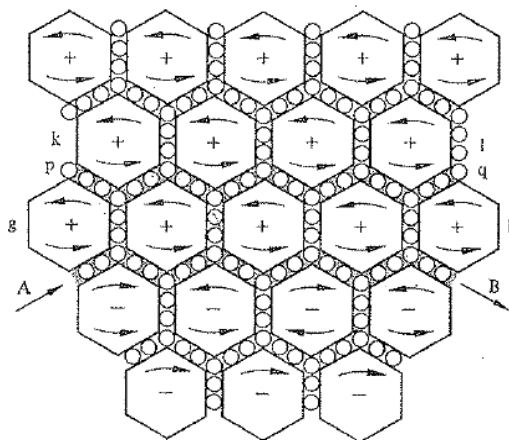
físicas muy abstractas que eran generales y matemáticas, pero que podían ser contrastadas por muchos experimentos diferentes” (p.175).

### La construcción de la teoría física de Maxwell

Los problemas tratados por Maxwell están centrados según Berkson (1985) en dos ramas fundamentales “conseguir una teoría unificada de la acción de la electricidad estática; en segundo lugar, descubrir la verdadera relación entre luz y electromagnetismo” (p. 160) claro está, desde una teoría matemática.

Maxwell recurre al denominado éter luminífero para la construcción de su teoría. Acto seguido, formuló una serie de relaciones matemáticas que viabilizan algunas ideas de los trabajos de Faraday, con las cuales estableció también un modelo mecánico que permitiera dar cuenta de su investigación.

Su modelo se centraba en resolver las relaciones existentes de la inducción con la coherencia de los fenómenos eléctricos y magnéticos, ya que Maxwell, permeado de las ideas de Faraday, pensaba que la inducción electromagnética requería un tiempo para propagarse por el campo y, si es de suponer la existencia de un éter como una sustancia elástica y con masa, podría establecer este tipo de inducción cuya velocidad es finita. Considerando lo anterior surgen nuevas ecuaciones capaces de formular una teoría electromagnética de la luz, al unificar la electricidad y el magnetismo (Berkson, 1985, p.185)



*Berkson, W.(1855). Las teorías de los campos de fuerza desde Faraday a Einstein. [Figura 4].*

Los puntos más importantes de esta representación (ver figura 4) son los siguientes: “se supone que la corriente está formada de bolitas que separan a unos remolinos magnéticos de otros, considerando a estos como barras flexibles con superficies rugosas.” (Berkson, 1985, p.186)

La explicación de este modelo es que la corriente se debe al desplazamiento de las partículas que se mueven a lo largo de los denominados “remolinos”, a las cuales dotó de una capacidad elástica. En este modelo se evidencia la teoría desarrollada en relación a una carga, con lo cual se nota la posible relación alrededor de las ideas contemporáneas desarrolladas por William Thomson y alguna de las aproximaciones de Faraday.

Esta propuesta tiene grandes consecuencias ya que permite establecer la unificación de la electricidad dinámica y estática mediante las interacciones del éter. Lo más importante es que mediante este modelo Maxwell establece sus ecuaciones fundamentales sobre el campo magnético y el campo eléctrico; las características del análisis matemático de este modelo eran bastante complejas, debido a la exactitud que pretendía y la formalidad que desarrolla para establecer dichas particularidades. La formulación del tratado del electromagnetismo de Maxwell, establece bastantes relaciones matemáticas que explican algunos de los experimentos de Faraday, tal como el de inducción electromagnética. Se sabe además que este trabajo se construyó en tres etapas: La primera consiste en usar el modelo de remolinos para establecer relaciones magnéticas; la segunda es con ayuda de su hipótesis de que la corriente está conformada por una cantidad de esferas y desde ahí establecer relaciones entre corriente y magnetismo; la tercera de ellas corresponde a la elasticidad de los remolinos. (Berkson, 1985). Luego de que su teoría fue formulada tuvo serias consideraciones para enfocar su trabajo en relacionar la teoría ondulatoria de la luz, que a través de sus múltiples investigaciones, arrojó resultados de los cuales se obtuvo la transversalidad de las ondas de luz.

La importancia del establecimiento de una magnitud física, que fue formulada empíricamente para establecer una unidad electromagnética, fue de gran importancia en este desarrollo. En Berkson (1985) se establece que mediante ella, y en relación con la ley de Coulomb, Maxwell logró agrupar las leyes de su modelo y las leyes del

electromagnetismo, en las cuales el factor de mayor importancia era  $c$  (la velocidad de la luz en el vacío), ya que por medio de este se conoce la velocidad de la onda en el medio de propagación. Esta velocidad de onda, para sorpresa de Maxwell, era análoga a la formulada por Weber.

Hasta este punto se mencionan las particularidades y las posibilidades del establecimiento del modelo de Maxwell y las fuertes implicaciones que tuvo para la comprensión de fenómenos eléctricos y magnéticos, además de su notable carácter matemático. Sin embargo, según Berkson (1985) consideraciones importantes pasaban por la cabeza de Maxwell, las cuales se remiten a dos posibilidades: continuar el desarrollo de su modelo mecánico o simplemente abandonarlo para reconstruir el análisis matemático sobre lo que en su opinión eran las ideas más adecuadas. No obstante, decidió desligar su modelo teórico en cuanto a las explicaciones conceptuales debido a algunos inconvenientes que le planteaban el continuar desarrollando su modelo matemático bajo estos supuestos.

La dificultad más característica de su modelo era la interacción de la materia con el mecanicismo, es decir, el funcionamiento de su modelo en relación al comportamiento de las partículas, por ejemplo, el modelo hexagonal no permite abordar el movimiento de las partículas ya que Maxwell trabaja sobre el movimiento circular, siendo estos los tipos de problemas que lo llevaron a abandonar su modelo inicial. Lo significativo sería ahora preguntar “¿cómo interpretar las ecuaciones si no era mediante el modelo mecánico?” (Berkson, 1985, p.211). Maxwell respondió que su formulación matemática debía ser concebida como una mera representación, es decir, con carácter ilustrativo y que cuando se habla sobre energía, fuera considerada como real. (Berkson, 1985)

Estas ideas trascendentales rompen con la estructura mecanicista ya que son avaladas en ausencia de una hipótesis mecánica, sin olvidar que las magnitudes electromagnéticas se consideran como fundamentales (tales como las representaciones de la carga, la corriente, entre muchas otras que son visibles en sus ecuaciones) y el campo como una realidad independiente. Además, constituyeron una nueva interpretación sobre la materia y el campo, ya que estos se interpretan como uno solo y que para la época de 1873 unificó en la teoría de campos a la electricidad y al magnetismo.

Algunas de las ecuaciones fundamentales que formuló en su tratado de la electricidad y magnetismo son las siguientes<sup>3</sup> (Berkson, 1985, p.215):

Ecuación de la corriente total:

$$T = j + \frac{dD}{dt}$$

Ecuación de la fuerza magnética:

$$\mu H = \text{rot } A$$

Ecuación de la corriente eléctrica:

$$\text{rot } H = 4\pi T$$

Ecuación de continuidad:

$$\frac{dp}{dt} + \text{div } j = 0$$

Son estas ecuaciones imprescindibles para la construcción de ideas entorno a la propagación de las ondas, ya que mediante estas, Maxwell obtuvo la siguiente ecuación (Berkson, 1985, p.217):

$$\nabla^2 \mu H = \frac{4\pi\mu}{k} \frac{d^2 \mu H}{dt^2}$$

Donde  $H$  la fuerza magnética,  $k$  es el inverso de la constante dieléctrica y  $\mu$  la permeabilidad magnética. Se puede observar una ecuación de onda que establece que la velocidad de propagación deberá ser la velocidad de la luz e igualmente nos muestra que esta velocidad depende la permeabilidad magnética y la constante dieléctrica (Berkson, 1985).

---

<sup>3</sup> Las ecuaciones mostradas son usadas en una notación distinta a la actual propuesta por Heaviside más adelante.

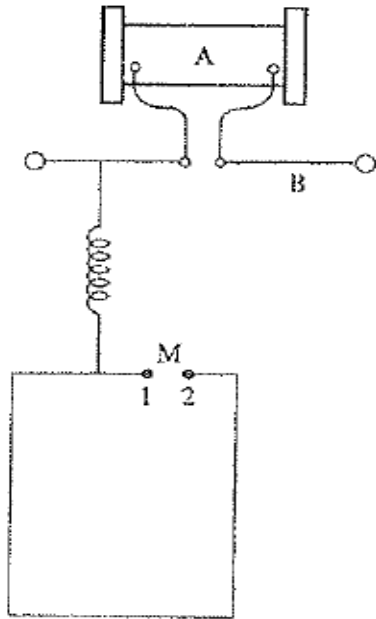
En relación con la ecuación anterior, en el capítulo veinte del Tratado de la Electricidad y Magnetismo se encuentran ideas fundamentales sobre las ondas electromagnéticas encontrando que estas deben tener un segmento eléctrico y otro magnético mediante su desplazamiento.

### **2.1.3. Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894)**

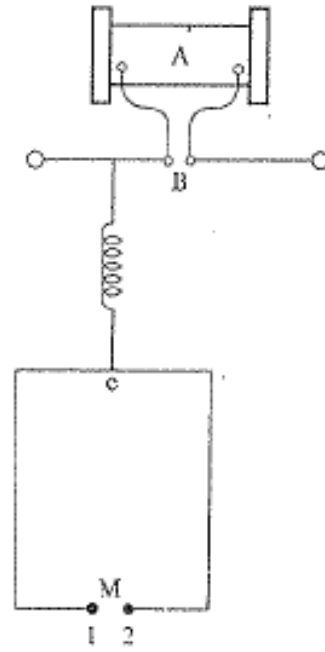
Hasta aquí se han abordado algunas de las ideas de Faraday y Maxwell sobre sus consideraciones del campo eléctrico y del campo magnético, las cuales son base fundamental del trabajo desarrollado por Hertz. Dentro de este contexto se muestran a continuación los objetivos iniciales del trabajo de Hertz, examinando algunos de los dispositivos construidos inicialmente con el fin de ilustrar mejor el origen y el proceso llevado a cabo, para mencionar finalmente el montaje experimental que permitió demostrar la existencia de las ondas electromagnéticas predichas por la teoría.

Puede afirmarse que en principio el propósito de este científico era “demostrar que la variación de la polarización de las sustancias dieléctricas produce un campo magnético” (Berkson, 1985, p.257). Pero dado que no existía un método directo ni un mecanismo capaz de registrar esta variación, se decidió a amplificar el efecto, de manera que en el intento de resolverlo, planeó someter el material dieléctrico a un campo oscilante. Hertz sabía que la descarga de una botella de Leyden se producía oscilatoriamente, de modo que haciendo uso de estas descargas, formó un campo eléctrico alterno en un circuito con la intención de que este campo indujera una corriente en un segundo circuito cercano que contenía el material dieléctrico, para detectar así el efecto de polarización. A pesar de esto, el método utilizado con las botellas de Leyden fue insuficiente para medir el efecto en el material dieléctrico.

Teniendo en mente la anterior premisa, en una de sus demostraciones sobre la inducción eléctrica hizo uso del denominado carrito de Riess o Knochenhauer, el cual funciona básicamente como un transformador y este le permitió comprender que cualquier descarga, por pequeña que sea, conectada a este carrito era suficiente para generar chispas. De esta circunstancia nace el hecho de que Hertz se preguntará por el tipo de oscilaciones eléctricas y por qué eran capaces de ser detectadas. Es decir, por qué era visible la generación de la chispa y cómo sería posible mediante estos efectos hacer que el material dieléctrico fuera afectado de alguna forma.



Hertz, H. (1892). Las ondas electromagnéticas [figura 5].



Hertz, H. (1892). Las ondas electromagnéticas [figura 6].

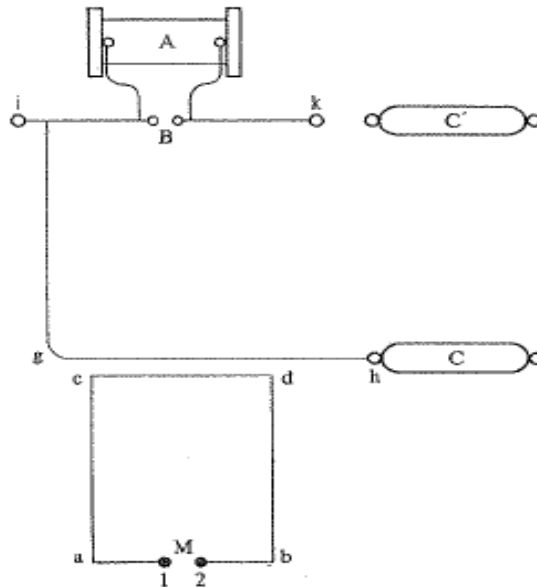
Entonces, ya solucionado el problema de generación de la chispa, lo que le interesó después fue demostrar la existencia de oscilaciones rápidas que él suponía eran las que explican la detección de la chispa. Uno de los primeros experimentos que realizó fue el circuito encontrado en la Figura 5, en donde A es el carrete de Riess, B es donde se genera la chispa y en M es el espinterómetro con el cual se puede medir la longitud de las chispas. Examinando brevemente la disposición del montaje (Figura 5), cuando es encendido el carrete y se produce la descarga la intensidad de la chispa aumenta, Hertz lo explica de la siguiente manera: “la modificación del potencial procedente del inductorio alcanza la bola 1 en un instante apreciablemente anterior al instante al que alcanza la bola 2” (Hertz, 1892, p.66). Respecto a esto se puede decir que hay ondas viajando en el cable.

En vista de esto, Hertz modificó el espinterómetro como se muestra en la Figura 6. En primer lugar, como el pulso nace de *e* con lo cual en M no se genera ninguna chispa, aunque las ondas no se extinguen en el primer pulso sino que se reflejan a lo largo del circuito, generando algunas chispas, lo que implicaba su relación directa con las oscilaciones rápidas.

Según Hertz las chispas que se generan existen debido al fenómeno de inducción, por lo tanto, si se ubica un circuito en las proximidades, éste será capaz de detectar dicha inducción. Con todo lo anterior, al construir el circuito que se puede observar en la

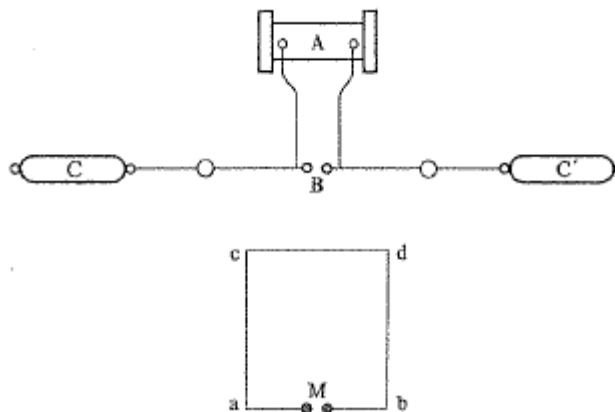


Figura 7, donde C y C` son materiales conductores, se dispuso a verificar las acciones inductoras reveladas en M con la variación de los materiales de C y C`-esto es conectando directamente o desconectándolo como se muestra en la Figura 7, tanto para C` como para C- verificando que en presencia de estas se reforzaba la inducción creando chispas más considerables.



Hertz, H. (1892). Las ondas electromagnéticas {figura 7}.

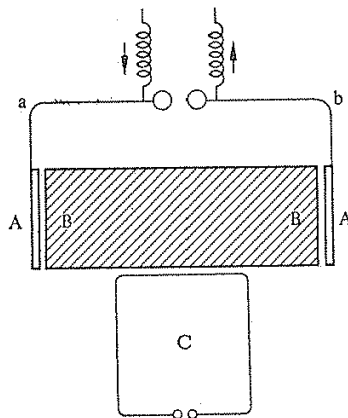
Llegado a este punto, Hertz recogió las consideraciones anteriores y decidió reorganizar su montaje como se muestra en la Figura 8. En este comenzó a variar la distancia entre las esferas (B) observando el máximo en que se seguían generando las chispas, además de analizar las variaciones con presencia y sin presencia de los materiales de C y C`, en relación a la inducción generada en el otro circuito.



Hertz, H. (1892). Las ondas electromagnéticas {figura 8}.

Cabe resaltar que en este montaje (Figura 8) se evidencia especialmente el fenómeno de resonancia, que tiene que ver directamente con la capacidad electrostática y el coeficiente de autoinducción, el cual se encuentra en concordancia con el largo de los alambres de ambos circuitos, como Hertz lo dice “el experimento muestra muy bien que no es en las condiciones de una de ambas corrientes, sino en su armonía, donde hay que buscar el factor que determina un efecto intenso” (Hertz, 1892, p.78).

Basándose en los experimentos anteriores y en los resultados arrojados por cada uno de ellos, se dispuso a continuar en la resolución de su problema inicial, relacionado con la polarización de un material dieléctrico. Reconstruyó nuevamente el dispositivo como el que se observa en la Figura 9, donde B es un material dieléctrico, A y A` son dos placas con la intención de aumentar la capacidad. Ahora bien, su idea era que en presencia del material la chispa inducida en B sería mayor a la generada en ausencia del material, muy contrario a lo que ocurrió cuando se puso en marcha, ya que en ambos casos la chispa generada era la misma.



Hertz,H. Las ondas electromagnéticas  
[Figura 9]

En este punto se encuentra una de las partes más importantes de los experimentos propuestos por Hertz, ya que contempló la tasa de variación de las fuerzas eléctricas pensando en cada una de las teorías sobre la electricidad, como por ejemplo, la teoría de Maxwell, en la que las oscilaciones se propagaban aproximadamente a la velocidad de la luz. Si estaba en lo correcto, se propagaría una onda fuera del aparato, siendo así que el circuito de inducción era capaz de detectar la chispa a una distancia de 12 metros.

Todo esto parece afirmar el fenómeno ondulatorio ligado a esta última experiencia. En vista de los datos recogidos hasta este momento Hertz cambió su objetivo inicial por el

de encontrar la esencia de dichas inducciones, esto es las ondas electromagnéticas, y con unas últimas variaciones a su montaje, además de nuevas experiencias, reafirmó el carácter ondulatorio del fenómeno, que al mismo tiempo se detallan con gran exactitud mediante la teoría de Maxwell.

## **2.2. EL PAPEL DEL EXPERIMENTO**

### **2.2.1 Algunas interpretaciones de la observación, experiencia y experimentación**

Cuando se hace uso de la palabra observación en cualquier tipo de conversación ya sea oral o escrita, en algunas ocasiones puede suceder que tanto la persona que habla como la que escucha, pueden entender los conceptos de la conversación de una manera diferente. Se piensa que estas diferencias están caracterizadas por el contexto en el que se encuentran las personas y por el cual están permeadas. Por esta razón la definición de observación que se ha venido construyendo, y que será expuesta, está permeada por un carácter científico (esto es, desde el contexto de la ciencia).

La primera impresión de la palabra observación se ve ligada al sentido de la vista en los seres humanos. De alguna forma, al oír e identificar una palabra se hace memoria desde el empirismo, en una primera parte, la cual hace referencia a la observación, ligándola a examinar detalladamente un efecto producido por la naturaleza haciendo uso de la vista. Una segunda impresión está relacionada a que la observación está condicionada a nuestras construcciones mentales es decir a nuestras propias maneras de pensar y es mediante ellas que vemos lo que formamos.

Es entonces principalmente desde estas dos perspectivas con las cuales nos hemos formado, y con algunas otras que hemos venido reconociendo, que se hace una pequeña definición de lo que se entiende por observación. Se define como el uso de las herramientas<sup>4</sup> obtenidas a lo largo del tiempo el cual no implican una verdad universal ya que siempre estará sujeto a un contexto.

Ahora bien, de alguna u otra forma varias de las personas que hacen uso de la ciencia, utilizan las palabras experiencia y experimentación sin ninguna diferenciación. Sin embargo, dentro de los supuestos que se presentan en este trabajo, aunque estas dos

---

<sup>4</sup> El uso de la palabra herramientas no solo hace referencia a objetos de construcción físicos sino también teóricos, es decir, que no solo se refiere a instrumentos contruidos como por ejemplo el telescopio, sino que también son pensamientos cargados teóricamente, como el movimiento elíptico de los planetas.

palabras se usen similarmente denotan cosas distintas. Se aludirá en primer lugar a lo que se entiende por experiencia y luego qué se entiende por experimentación.

Se entiende que la ciencia no es ajena a la cultura y en diferentes momentos hay distintas construcciones de la realidad que dan cuenta de la transformación del pensamiento. Así pues, desde el propio contexto se entiende la experiencia como aquella actividad en la cual se reconoce un acontecimiento nuevo, que algunas veces está asociado a los sentidos. Las actividades a las cuales aquí se hace referencia están indicadas como simples situaciones o sucesos, como por ejemplo, cuando un niño desconoce que el fuego quema y toca la llama, después de tener este tipo de experiencia entiende que de alguna manera el fuego lo puede lastimar.

El concepto de experimentación que da más sentido a este trabajo de grado, está permeado en su mayoría por conceptos relacionados a la “filosofía experimental<sup>5</sup>” de Newton. Se traerán entonces las características de esta filosofía experimental para relacionarla con el concepto de experimentación, las cuales abarcan de una manera más provechosa el porqué de las opiniones que se presentan en esta investigación.

En relación con lo anterior, Newton hace una distinción clave que a priori a su filosofía experimental. En Shapiro (2006), se encuentra que Newton distingue entre dos tipos de hipótesis: imaginarias y reales. Las hipótesis imaginarias son aquellas que no tienen ningún soporte experimental, es decir, no son posibles de ser presentadas a partir de la experiencia sensible. Entonces, las de tipo real son aquellas que contienen un soporte experimental y demás son capaces de ser convertidas en principios científicos, esto es que tienen la cualidad de ser matematizados. Para Newton las hipótesis de tipo real son correctas y las de tipo imaginario deben ser desechadas. Desde ambas miradas, se admite aquella que tiene más sentido para Newton, es decir, su apreciación respecto a las hipótesis reales, pues se considera como parte inicial de la experimentación. Según lo anterior, la experimentación está relacionada en una segunda parte a la construcción o elaboración de algún material<sup>6</sup> capaz de demostrar la hipótesis fundada. Este material tendrá diferentes características en razón de las hipótesis, pero compartirá una peculiaridad: será capaz de ser intervenido, es decir, modificable de alguna manera.

---

<sup>5</sup> El término “filosofía experimental”, está relacionado con el texto *La filosofía experimental de Newton* de Alan E. Shapiro

<sup>6</sup> Desde este momento se utiliza la palabra “material” para hacer referencia a instrumentos, como por ejemplo el telescopio y el microscopio, la pila de volta, planos inclinados, entre otros.

Por dichas razones, en lo que corresponde a la experimentación, se elabora una definición de la cual se espera que esté en concordancia con lo que se expuso sobre dicha definición en párrafos previos: la experimentación es un conjunto de entidades que constituyen en sí una interpretación de lo que percibimos, ya que es mediante ella que intervenimos con el mundo, transformándolo de cierta manera y atribuyéndole un carácter universal.

### **2.2.2. Sobre algunos autores**

En este apartado se hablará sobre algunos autores que están interesados en los conceptos de observación, experiencia y experimentación, y que permitirán establecer bases más sólidas en la construcción de este documento.

En el texto de Martínez y Huang (2008) titulado *Hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas* se distinguen los pensamientos de varios autores sobre el término observación. Se indica que Fleck, por ejemplo, señala que “la observación de un hecho no es una percepción sin ninguna preposición, sino un proceso perceptivo orientado por un determinado estilo de pensamiento que tiene lugar en la investigación” (Martínez y Huang, 2008, págs.10-11). Esto lo dice desde el sentido que se muestra en la rama de la medicina, la cual está centrada, según él, en entender un fenómeno específico, es decir que tal observación es guiada con un sentido particular. Sin embargo, pone de presupuesto que no existe la objetividad en la observación debida a la diversificación del pensamiento.

Evidentemente, hacer las distinciones entre los conceptos tratados (observación, experiencia y experimentación) implica un gran esfuerzo y es por eso que se espera que la comprensión de los textos referenciados no sea errónea. De estos se intuye algún norte que permita esclarecer los conceptos y en este caso, se deduce que la experiencia está ligada a la manera en la cual los seres humanos aprenden del mundo en una continua interacción con este, de esta manera se transforma el conocimiento en patrones de explicación con el uso continuo de experiencias (Martínez y Huang, 2008).

Ciertamente es difícil hacer una distinción entre estos tres conceptos sin tener que definir cada uno de los términos, ya que estos están relacionados íntimamente. De ahí que en la definición de experimentación se encuentren las palabras experiencia y observación. Con respecto a lo anterior la definición de experimentación está ligada un poco a la opinión que aquí se aborda, ya que es evocada como la “filosofía

experimental”, la cual relaciona la filosofía y el experimento por lo cual resulta en un híbrido de estas dos, siendo incapaz de resistir una apartada de la otra (Ferreirós y Ordóñez, 2002).

Como una segunda definición, que se tiene en cuenta en este trabajo como más profunda con respecto a la experimentación, es aquella abordada por Van Fraassen (1980), que relaciona varios aspectos. El primero de ellos es el que permite descubrir hechos del mundo, ya que tiene una finalidad diferente a la de hacer uso de la razón y la reflexión, empero, debemos recurrir al uso de teorías que guíen la experimentación. El segundo es que tiene la última palabra sobre si una teoría es correcta o incorrecta. En síntesis, lo que pretende está caracterizado a validar si una teoría es empíricamente adecuada. Sin embargo, concluye que “la experimentación guía el proceso de construcción teórica mientras que al mismo tiempo la parte de la teoría que ya había sido construida guía el diseño de los experimentos que, a su vez, guiarán su continuación” (Fraassen, 1980, p.101). Es entonces un entramado de experiencia y teoría, las cuales son dependientes una de la otra y están contenidas entre sí.

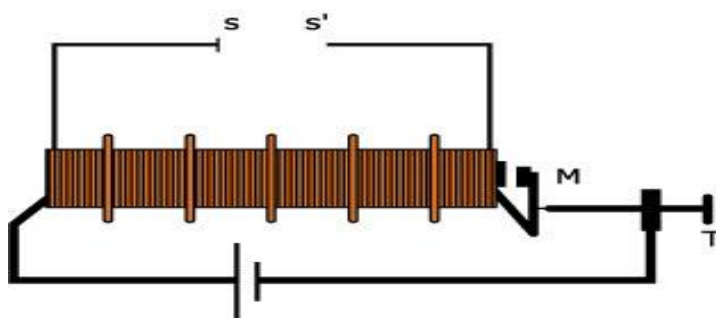
## CAPÍTULO III

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

#### 3.1. SOBRE LA MÁQUINA DE HERTZ Y SU RECONSTRUCCIÓN

En lo relacionado a la reconstrucción de la máquina de Hertz, es de gran relevancia mostrar el montaje original para que el lector se haga una idea lo más fiel posible a cada uno de sus equivalentes en el montaje usado para este trabajo de grado, y de la misma manera, sea entendido el funcionamiento de cada una de sus partes.

Como se ha venido mostrando, la máquina con la cual Hertz elaboró sus experimentos tuvo distintas variaciones. Sin embargo, aquí se mostrará la última de ellas, que fue base para la construcción del dispositivo usado en la propuesta de aula. El montaje de Hertz consta de tres partes fundamentales: en primer lugar, se encuentra el denominado carrete de Ruhmkorff, construido por el físico alemán Heinrich Daniel Ruhmkorff, de funcionamiento similar a lo que hoy conocemos como transformador, cuyo objetivo general es generar alta tensión a partir de un bajo voltaje. Este dispositivo está compuesto por dos bobinados, uno primario y uno secundario (Figura 10). El bobinado primario está elaborado con un alambre más grueso que el del secundario y se encuentra enrollado directamente en un tubo de hierro dulce, mientras que el secundario es un alambre más delgado que se encuentra enrollado sobre el primario a las salidas S y S'. El embobinado primario está conectado a la fuente de alimentación que en el experimento de Hertz es una botella de Leyden.

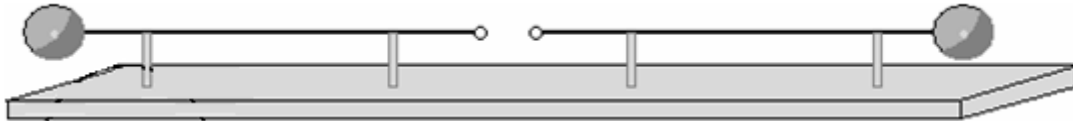


*Carrete de Ruhmkorff [Figura 10]*

*Tomado de: <http://elfisicoloco.blogspot.com.co/2012/12/carrete-de-ruhmkorff-y-efecto-punta.html>*

Como segunda parte del dispositivo de Hertz se encuentra la antena emisora (Figura 11), compuesta por dos alambres y cuyos extremos tienen una esfera de distinto tamaño, ubicando las esferas de menor tamaño una frente a la otra (siendo este el lugar donde saltará la chispa), y las de mayor tamaño en los extremos, soportados cada uno por una

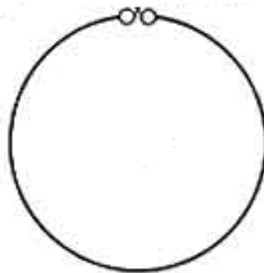
base de madera que sirve de aislante, tal como se observa en la Figura 11. Además de esto cada uno de los alambres se conecta directamente a las respectivas salidas del carrete de Ruhmkorff,



*Antena emisora [Figura 11]*

*Tomado de: Gambau, J. (s.f.). Los experimentos de Hertz, p.3.*

Finalmente, se ubica la antena receptora, que toma la forma de un aro con una pequeña abertura en la cual se disponen dos esferas sin tocarse, al igual que la antena emisora, con el fin de que sea en este lugar en donde se genere la inducción, es decir, donde salte la segunda chispa.



*Antena receptora [Figura 12]*

*Tomado de: <http://www.alpoma.net/tecob/?p=8161>*

Ahora bien, el montaje en conjunto funciona de la siguiente manera: mediante las botellas de Leyden es alimentado el carrete de Ruhmkorff, que a su vez se conecta a la antena emisora generando chispas entre las dos esferas más pequeñas. De esta forma la antena receptora se ubica frente a la antena emisora, y ya que la antena receptora tiene forma de anillo, se va girando con el fin de cambiar la abertura que esta posee. En la Figura 12 se puede observar una abertura en la parte superior de anillo, la cual era girada para ver qué cambios ocurrían en el montaje si la abertura se encontraba en la parte inferior.

### **3.2. SOBRE LA MÁQUINA CONSTRUIDA**

La máquina con la cual se explorarán los fenómenos mencionados consta de una serie de instrumentos de uso común. A continuación, se dará una síntesis de cada uno de los elementos que la conforman, con sus respectivas características y su respectivo funcionamiento. Este montaje ha sido desarrollado con el fin de reconstruir el



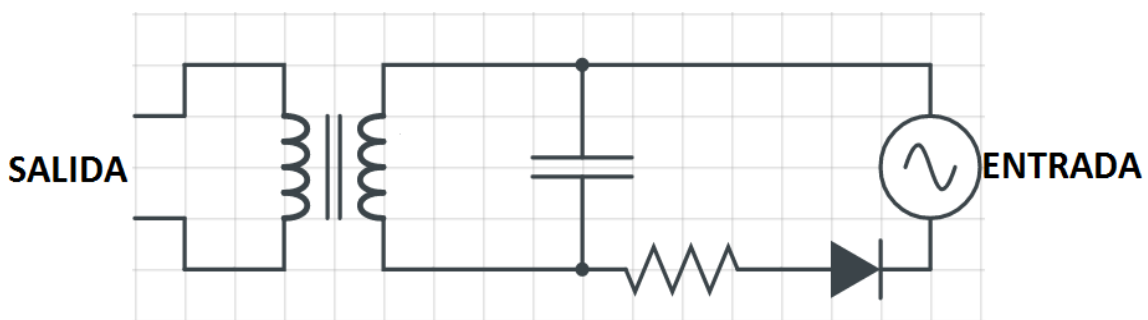
experimento de Hertz, así pues se desarrolla modificando el modelo mostrado en el apartado anterior mencionando su equivalente. Cabe aclarar que la invención no es propia, debido a que en este montaje los instrumentos ya han sido utilizados con el fin de reconstruir el experimento de Hertz. Sin embargo, la disposición que se presenta es única debido a que no ha sido realizada en otros lugares.

Como se ha mencionado anteriormente, el generador de chispa de Hertz constaba de un carrete de Ruhmkorff, el cual posibilita el aumento del voltaje en la máquina de Hertz a partir de las botellas de Leyden. En este orden de ideas el dispositivo que recreará de cierta manera este generador será un encendedor de estufa eléctrica de seis puestos (ver Figura 13). Este dispositivo contiene un circuito con un embobinado parecido al de un transformador, que permite amplificar la diferencia de potencial y establecer un campo eléctrico que rompe el dieléctrico del aire.



*Encendedor de cocina / Generador de chispa [Figura 13]*

Este encendedor de estufa eléctrica contiene un circuito en su interior para aumentar el voltaje, el cual se muestra a continuación:



*Circuito interno del generador de chispa [Figura 14]*

En el esquema (ver Figura 14) vemos la estructura del circuito interno del encendedor eléctrico de cocina; de derecha a izquierda se muestra un diodo, una resistencia, un

capacitor conectado al bobinado, que funciona como un transformador. Esta disposición permite a partir de la corriente alterna un aumento en la diferencia de potencial a tal punto que se rompe el dieléctrico del aire, lo que genera la descarga y conlleva a la generación de la chispa en la salida del transformador. A continuación, se describirá el papel de cada uno de los componentes de este circuito para entender el funcionamiento del mismo.

Composición del circuito interno del generador de chispa:

1. El diodo, permite que la dirección de la corriente esté en un solo sentido.
2. La resistencia: es simplemente un regulador de la corriente del circuito.
3. El capacitor: la función de este elemento es el almacenamiento de carga, con la particularidad de que primero se carga totalmente, es decir, hasta su máxima capacidad, para luego descargarse rápidamente

Cada uno de estos elementos está conectado a una especie de bobinado, siendo esta la parte principal dentro del circuito desarrollado, ya que es aquí en donde se establece la alta tensión, es decir, donde se potencia el voltaje. Se puede decir que funciona como un transformador en donde existe una bobina primaria y otra secundaria. La bobina primaria es alimentada por 110 voltios (dependiendo de la corriente de entrada), para ser inducida en el embobinado secundario de alta tensión. Las terminales de salida de este segundo bobinado es el lugar en donde se genera la alta tensión, es decir, donde se genera la chispa, lo cual hace que este dispositivo sea equivalente al carrete de Ruhmkorff en la máquina de Hertz.



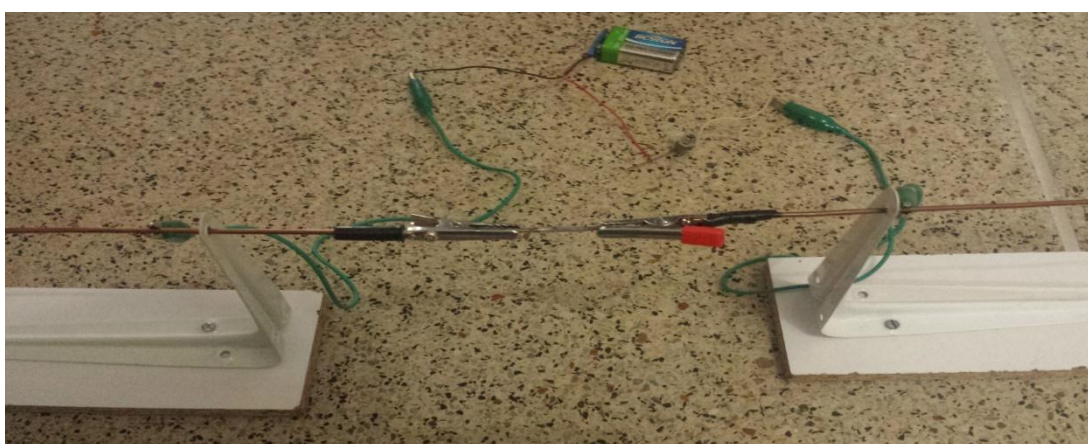
Chispa en la Antena emisora [Figura 15]

Como segunda parte del montaje realizado se encuentra la antena emisora. Esta parte del instrumento contiene dos cables de cobre de aproximadamente 60 centímetros cada uno, los cuales se encuentran en unas bases que sirven de soporte a los cables y cuya base está hecha de madera (ya que este material aísla la base), ubicándolas como se muestra en la Figura 15. A cada uno de los alambres de cobre irán conectadas las respectivas terminales de salida del generador de chispas, para que cuando se acerquen los dos cables a una distancia considerada se genere la chispa en este lugar. Cabe aclarar que la diferencia de esta antena con la original de Hertz se encuentra en las esferas de los extremos de los alambres. El arreglo que se utiliza no las posee ya que no es determinante para la generación de las chispas debido a la potencia del generador de chispa.

En la tercera parte del montaje elaborado, está la antena receptora, la cual contiene las mismas características de la antena emisora, solo que esta no se encuentra conectada al generador de chispas. Al mismo tiempo se le anexan a esta antena tres dispositivos que permitirán mejorar la recepción de la chispa generada, tal como se observa en la Figura 16. En las puntas de los alambres se ubicaron dos pinzas para agregar un pequeño LED que muestra la recepción de la onda, ya que una vez generada en la antena emisora se enciende el bombillo ubicado en la antena receptora, de manera sincrónica con cada chispazo, lo que ocasiona una mejor detección. Luego de observar el encendido del LED este se intercambia por un segundo aparato, el cohesor, que es un pequeño dispositivo compuesto por dos puntillas separadas a una distancia mínima, en el cual se encuentra limadura de hierro y plata. El dispositivo no se acciona puesto que la limadura no se encuentra comprimida, a menos que exista la influencia de un campo magnético que organice los dipolos. En este punto es necesario aclarar que cuando se genera la chispa, la limadura de hierro y plata deberá reacomodarse, pero este escenario es imposible de percibir visualmente, por lo cual en presencia del cohesor se añade un pequeño circuito en serie con una pila y un bombillo, conectado con dos cables a cada uno de los alambres de la antena receptora (Figura 16 y Figura 17).



Antena receptora [Figura 16]



Antena receptora con cohesor y  
circuito [Figura 17]

Cabe recordar que en el experimento original, es decir el de Hertz la antena receptora era un anillo con una pequeña abertura, y mediante esta disposición ya se podía generar la chispa. Sin embargo, en el dispositivo elaborado esta disposición no funcionó, por lo cual se optó por construirla igual a la receptora para que funcionaran por sincronía. De esta misma forma se anexó el bombillo LED de color rojo y posteriormente el cohesor con el circuito en serie, debido a que solamente con los alambres de cobre no se alcanzaba a apreciar la generación de la chispa.

El funcionamiento del conjunto de elementos es el siguiente: el generador de chispa es alimentado del tomacorriente que a su vez, mediante su salida, se conecta con dos cables a cada uno de los alambres de la antena emisora; se ubica la antena receptora en frente, con el bombillo LED entre los alambres, de forma tal que al generarse la chispa, el LED se encenderá. Para maximizar el efecto, se cambia el bombillo LED por el

cohesor al conectar un circuito en serie como se muestra en la Figura 16, esto con el fin de alejar a mayores distancias las antenas receptora y emisora.

### **3.3. SOBRE LA PROPUESTA DE AULA**

Se entiende por propuesta de aula el conjunto de herramientas diseñadas para favorecer el aprendizaje de temáticas determinadas, acorde a las necesidades de los estudiantes u objetivos de la clase, en pro de introducir, fortalecer y/o ampliar la base de conceptos relacionados con los tópicos a estudiar. De ahí que en este trabajo de grado se hayan elaborado preguntas abiertas, cada una con un objetivo particular, que implique poner en juego conocimientos previos sobre los que se está trabajando, (Roca Tort, 2005, p. 74) fomentando la discusión y cuya solución implica la interacción directa con el montaje experimental.

La propuesta de aula que se implementó con los estudiantes de cuarto semestre de Licenciatura en Física responde al objetivo principal del trabajo de grado, a su vez guiada por la pregunta de investigación: ¿Cómo se entiende la actividad experimental para la construcción de ideas entorno a algunos de los experimentos de Hertz, como lo es el de emisión y recepción de ondas electromagnéticas?

Primero, es importante hablar de la actividad experimental, pero para ello sería interesante enunciar algunas de las formas en las que tradicionalmente se ha venido interpretando la actividad experimental en la construcción de conocimiento. Hay dos papeles fundamentales que el experimento y la teoría han desempeñado a lo largo de la historia. En el primero, de ellos se considera que el experimento es generativo, es decir, que algunas veces es de tipo empirista y no lleva ninguna intervención teórica. En el segundo de ellos, se tiene un carácter verificativo, es decir, que el experimento se caracteriza porque permite validar si una teoría es empíricamente adecuada. Sin embargo, Van Fraassen, plantea una tercera interpretación sobre el papel del experimento y de la teoría: “la experimentación guía el proceso de construcción teórica mientras que al mismo tiempo la parte de la teoría que ya había sido construida guía el diseño de los experimentos que, a su vez, guiaran su continuación” (Fraassen, 1980, p.101). Esta última idea sugiere que la actividad experimental es un entramado entre

experiencia y teoría, y cada una es interdependiente de la otra. Esta noción sobre el papel del experimento es la que se asume dentro del trabajo de grado.

En el marco teórico expuesto se ilustra, en primer lugar, la experimentación desarrollada por Faraday y la construcción teórica que él mismo propone. En esta se encuentran una gran cantidad de argumentos conceptuales basados en hipótesis irrefutables. En segundo lugar, vemos cómo Maxwell hace uso del desarrollo experimental de Faraday para la formulación matemática en su tratado de la electricidad y el magnetismo. En tercer lugar, luego de estos acontecimientos se encuentran los experimentos llevados a cabo por Hertz, en los cuales encontró resultados concordantes con lo propuesto por Maxwell, y al hacerlos públicos, generó un mayor reconocimiento, dado que constituían de alguna manera la verificación de su teoría, con lo cual el tratado de Maxwell se considera un documento de gran importancia para el desarrollo de la ciencia.

Los acontecimientos que acabamos de mencionar son un claro ejemplo de lo que menciona Van Fraassen (1980) sobre teoría y experimento, idea que comparte el autor de este trabajo de grado. De esta forma, el carácter de la propuesta de aula es guiado por este tipo de experimentación y teorización. Se pretende entonces que el estudiante, mediante sus conocimientos e ideas previas, se encuentre con un experimento que de cierta manera (ponemos de supuesto) al intervenirlo, le genere dudas respecto a sus ideas previas y le permita enfrentarse de nuevo al experimento, para reorganizar sus ideas concluyentes. Cada uno de estos pasos que seguirá el estudiante estará orientado mediante unas preguntas guías, que a su vez contarán con el acompañamiento del maestro titular y del maestro en formación.

La metodología con la cual se diseña y se pretende implementar la propuesta de aula está relacionada o basada en los siguientes factores metodológicos Predicción Observación Discusión y Síntesis (PODS) (Romero, O., 2009). Esta metodología está comprendida en varios pasos; el primero hace referencia a la predicción, en donde se presenta al estudiante un experimento relacionado con un tema particular de la Física él mismo establezca preguntas y respuestas sobre lo que piensa que va a ocurrir. Luego continúa la etapa de observación, en donde los estudiantes ven qué es lo que ocurre en la situación, contraponiendo las preguntas o hipótesis que se formularon en la predicción. Consecuentemente viene la síntesis, en la cual los estudiantes comparten sus

ideas construidas mediante los pasos anteriores, con los demás compañeros, para finalmente llegar a una serie de conclusiones en torno al trabajo expuesto.

Ahora bien, dada en cierta medida la complejidad del experimento de Hertz, se hicieron ciertas modificaciones a la metodología PODS. El momento de predicción no será tomado en cuenta, por lo cual se comenzará por la observación: los estudiantes observarán que ocurre con el experimento, pero no habrá posibilidad de interactuar.

Este momento fue guiado por unas preguntas propuestas por el maestro en formación para que los estudiantes respondan desde sus ideas propias. Luego de contestar las preguntas, se procedió al momento de experimentación, en el cual los estudiantes interactuaron con el montaje y pusieron en consideración tanto sus respuestas como preguntas que surgieron durante esta etapa.

La implementación experimental de la propuesta de aula, se realizó en dos momentos. En el primer momento la antena receptora tendrá solo un bombillo LED y mediante la generación de las chispas se encenderá y se apagará. Este primer momento tiene como objetivo evidenciar la inducción que se genera durante los procesos de carga y descarga, en los cuales se genera la chispa y se producen ondas electromagnéticas capaces de inducir una diferencia de potencial en un circuito totalmente aislado del primero. Como segunda parte, se hará uso de lo que se denomina cohesor<sup>7</sup>, el cual estará en medio de los dos alambres reemplazando el bombillo y se anexará un circuito en serie. Esta segunda parte se realiza con el propósito de maximizar el efecto.

Como recordará el lector, se menciona en el objetivo principal la intención de generar ideas en torno a las ondas electromagnéticas. Para tal finalidad se busca que los estudiantes establezcan relación y puedan explicar la observación a partir de su conocimiento sobre magnitudes físicas, tales como campos eléctricos y magnéticos, carga, densidad de carga, fenómenos de inducción, ondas, entre otras magnitudes estudiadas con antelación. De esta forma se establecieron preguntas con las siguientes características:

1. Las primeras preguntas de la guía de trabajo están orientadas a que el estudiante responda lo concerniente a la generación de la chispa, es decir, lo que ocurre en la antena emisora, de tal manera que requiera hacer uso de los temas estudiados

---

<sup>7</sup> Dispositivo que funciona de forma tal que cuando se genera la chispa, en su interior se reorganiza la limadura de hierro y de plata permitiendo el paso de la corriente.

en su curso de Electromagnetismo. De esta forma las preguntas guías propuestas por el maestro en formación, pretenden que el estudiante llegue a reconocer que en la generación de la chispa hay una carga en movimiento, a la cual se le puede asociar una onda electromagnética. Es decir, en esta parte se aborda lo relacionado a la emisión de ondas.

2. En las preguntas que se encuentran en la guía de trabajo, se habla acerca de las distancias a las cuales se encuentran tanto la antena emisora como la antena receptora. Estas primeras preguntas nos permiten establecer una relación entre la distancia y la disposición de las antenas, estableciendo cómo es la propagación de la onda electromagnética, por ejemplo, si dejamos la antena emisora fija y desplazamos en determinada dirección la antena receptora, no se evidencia el encendido del bombillo.
3. Las últimas preguntas están orientadas a lo que ocurre en la antena receptora, esto es respecto al encendido del bombillo, por ejemplo, el efecto de inducción, la diferencia de potencial que se genera, y lo que ocurre con en el cohesor.

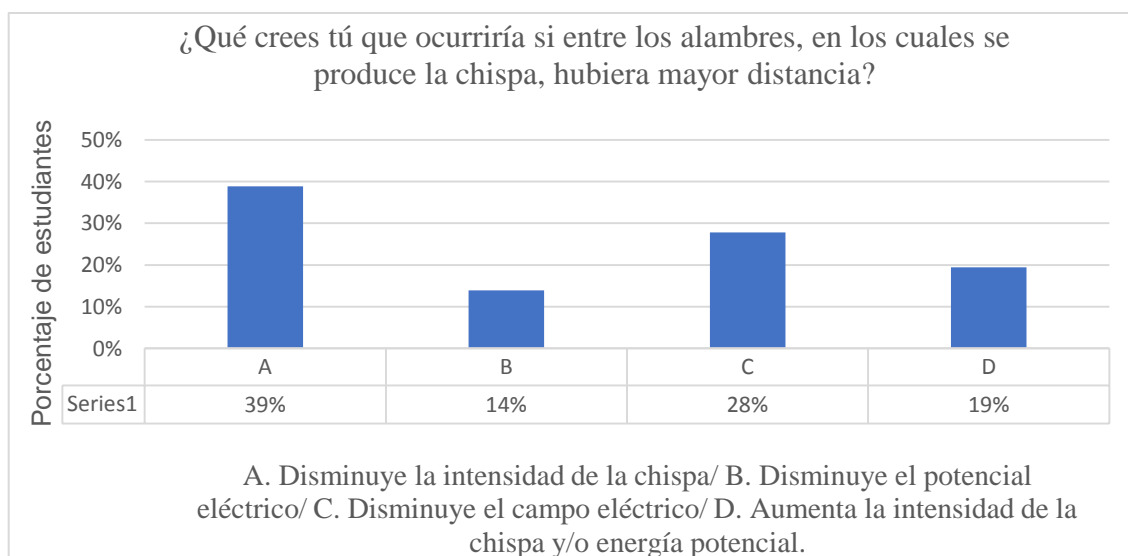
Ahora bien, la aplicación de esta propuesta de aula se desarrolló en dos semestres distintos con los cursos de Electromagnetismo II, es decir, con dos cursos de esta área. En cada una de ellos hubo dos momentos de implementación: una primera sesión de motivación, en la que se les contó un poco el funcionamiento del aparato, mencionando cada uno de los nombres asignados a cada parte del mismo y guiando la presentación con algunas preguntas desencadenantes; la segunda sesión, los estudiantes desarrollaron trabajo autónomo y cada grupo que se formó dentro de las aulas tenía su equipo para desarrollar la guía planteada.



### 3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PROPUESTA

A continuación, se presentan los resultados de las preguntas de la guía presentada a los estudiantes que se sometieron a la propuesta de aula.

#### 1. Primera pregunta

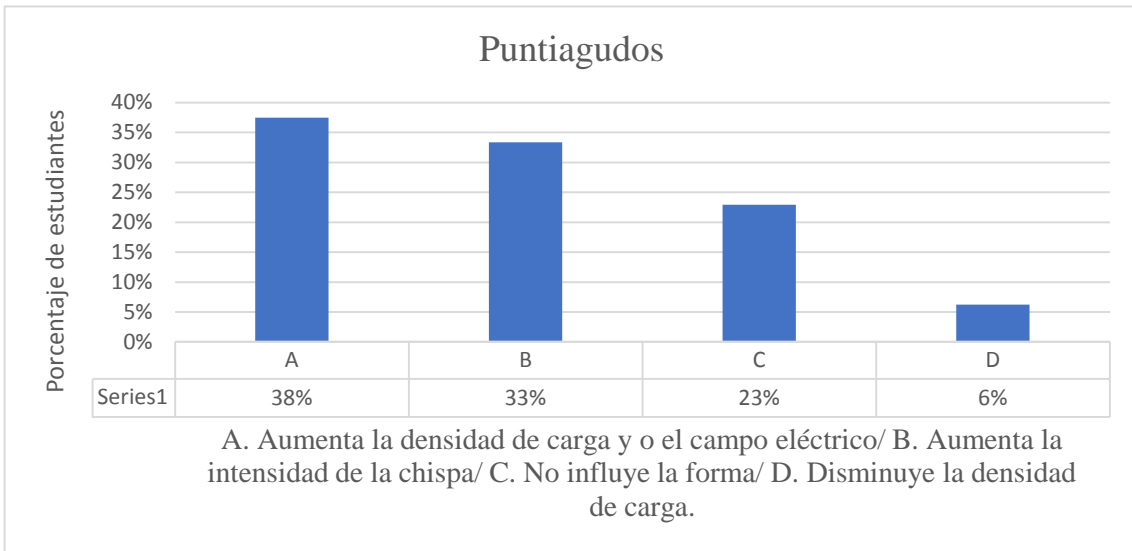


[Grafica 1]

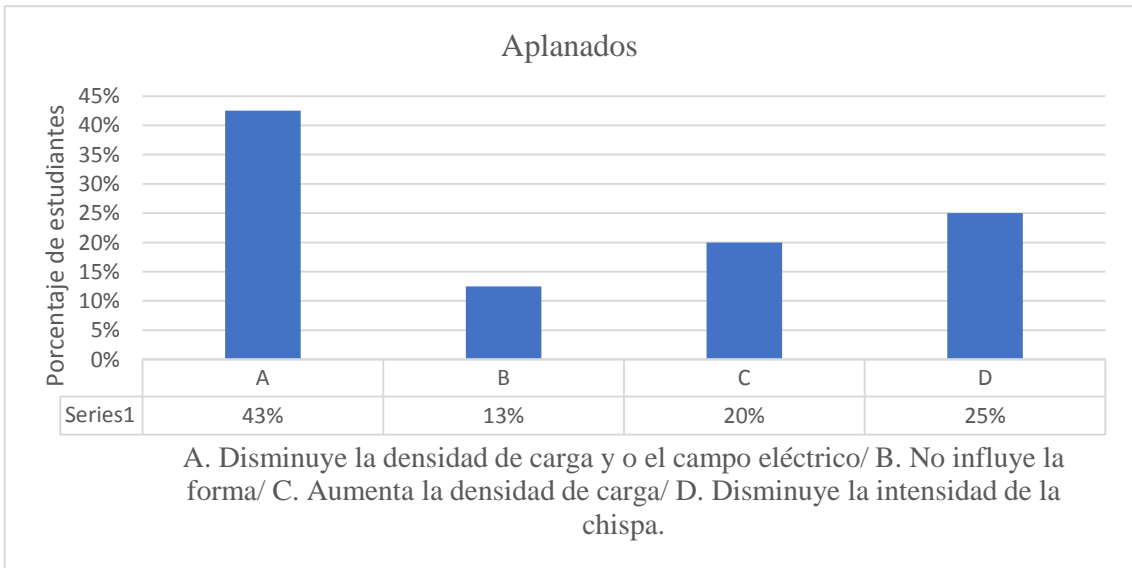
En la primera respuesta la tendencia que prevalece es la atenuación en la intensidad de la chispa, relacionándolo con la disminución del campo eléctrico entre los electrodos, como se puede observar en las respuestas de A con un 39% y C con un 28%, aunque algunos grupos destacaron en primer lugar la variación del potencial eléctrico. Por otro lado, un 19% de los estudiantes habló acerca del aumento en la intensidad de la chispa, posiblemente debido a que al aumentar la distancia entre los alambres la ruptura del dieléctrico se generaba en un espacio mayor, con lo cual el sonido de la chispa era más intenso.

#### 2. Segunda pregunta.

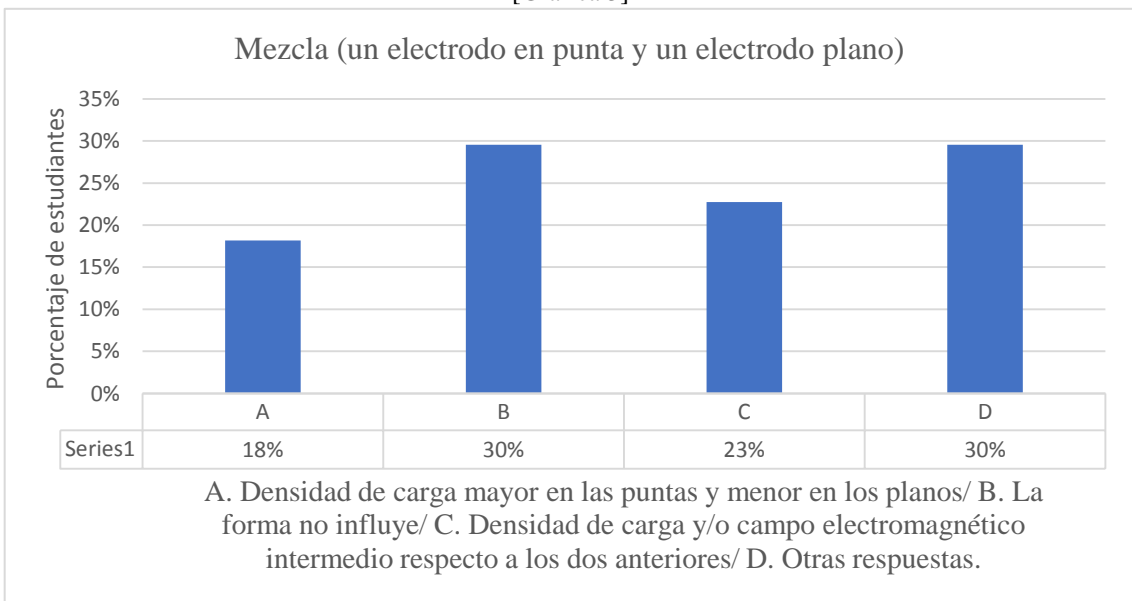
¿Qué piensas que pasaría si hacemos los siguientes cambios en el lugar donde salta la chispa? (No olvides que el dispositivo está conectado siempre a la misma fuente es decir a igual  $\Delta V$ )



[Grafica 2]



[Grafica 3]

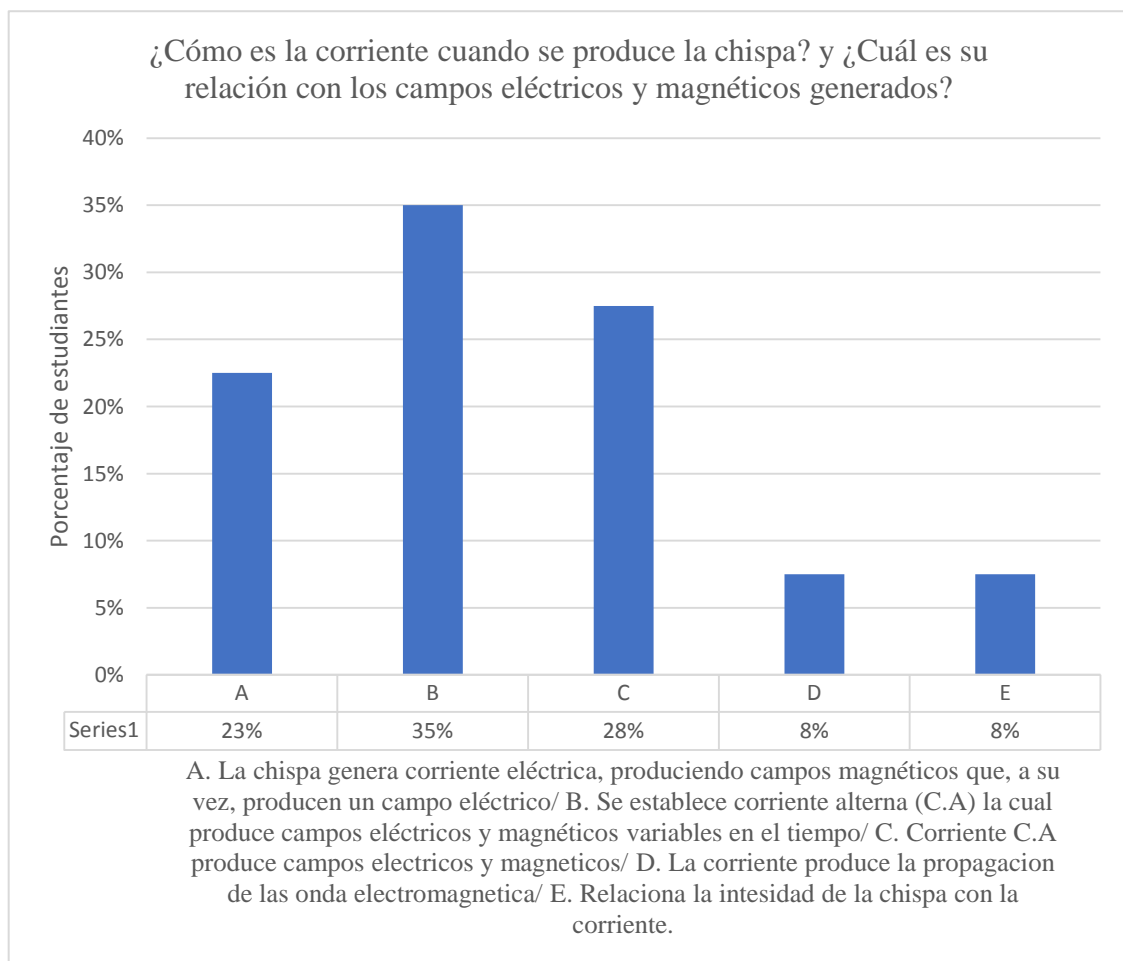


[Grafica 4]

Según los resultados presentados en cada una de las gráficas, con un 38%(A) y 33%(B) cuando se menciona los alambres puntiagudos (Gráfica 2), un 43%(A) y un 25%(D) cuando se hace referencia a los electrodos aplanados (Gráfica 3) y un 23%(C) cuando se habla acerca de la mezcla del tipo de electrodos (Gráfica 4), se puede decir que los estudiantes establecieron una relación acertada entre la geometría de los electrodos y la densidad de carga establecida, al igual que su influencia en el campo eléctrico asociado. Sin embargo, se resaltan algunas de las dificultades encontradas en las respuestas de algunos grupos, donde se afirma que la densidad de carga se concentra en un punto o en un área pequeña, desconociendo que lo que realmente se concentra es la carga, haciendo que la densidad sea mayor o menor, pasando por alto que la densidad como tal es consecuencia de la distribución de carga.

Al mismo tiempo en un porcentaje menor se encuentran algunos de los estudiantes que no encuentra ninguna diferencia con la geometría de los alambres, siendo las respuestas 23%(C) 13%(B) y 30%(B) en cada caso respectivamente.

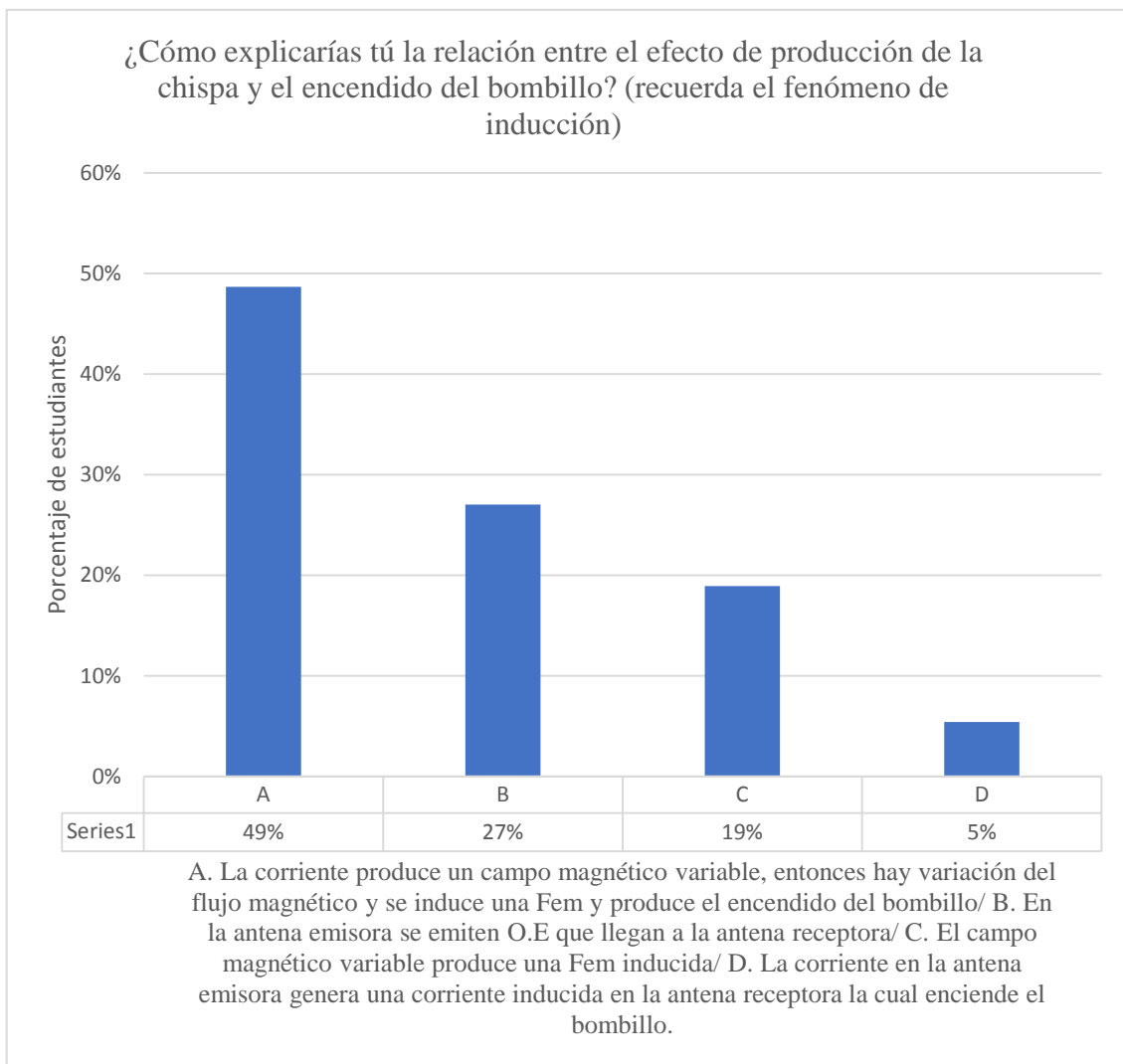
### 3. Tercera pregunta



[Gráfica 5]

Como se muestra en la gráfica, en cada una de las respuestas, los estudiantes resaltaron el suceso de la chispa como generadora de corriente eléctrica. Se destacó que al tratarse de corriente alterna, esta genera campos magnéticos variables en el tiempo, y por el fenómeno de inducción electromagnética, se induce una Fem y por lo tanto un campo eléctrico entre los electrodos de la antena receptora. Aunque este resultado es altamente positivo, también es de resaltar que sólo el 8%(D) de estudiantes estableció la relación entre la corriente producida y la generación de ondas electromagnéticas.

#### 4. Cuarta pregunta



[Grafica 6]

Claramente se observa que una gran mayoría relacionó el encendido del bombillo como consecuencia del fenómeno de inducción electromagnética, dado que establecieron que al haber un flujo magnético variable se induce una Fem, generando así una corriente inducida que enciende el bombillo, describiendo correctamente la secuencia; no

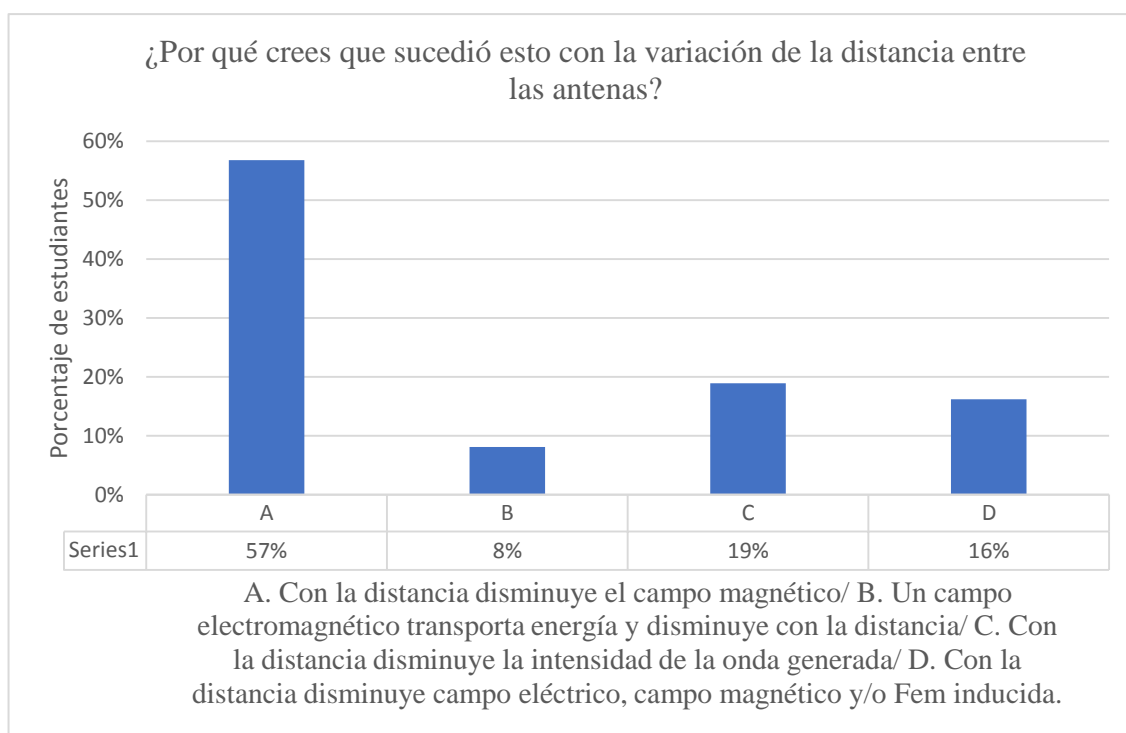
obstante, solamente el 27% (B) de estudiantes resaltó que el encendido del bombillo se debe a que las ondas electromagnéticas generadas en la antena emisora llegan a la antena receptora.

## 5. Quinta pregunta

El contexto de este punto se realiza mediante un problema inicial que eventualmente lleva a la formulación de la pregunta.

*Algunos de los estudiantes de Física que trabajaron con este experimento en el Salón de la Ciencia, pusieron la antena Emisora fija y comenzaron a desplazar la antena receptora, al hacer esta modificación se dieron cuenta que en algún momento el bombillo dejaba de encender. Esto les generó mucha curiosidad y decidieron poner la antena a diferentes distancias, observando que se encendía el bombillo hasta cierta distancia, y que al sobrepasarse ya no se encendía.*

*Además de esto basaron sus argumentos con analogías de otras experiencias que realizaron anteriormente con dos diapasones, que consistía en lo siguiente: Primero se ubican ambos diapasones a cierta distancia, luego se hacía vibrar uno de los dos, para observar después que el otro diapason comenzará a vibrar como si estuviera sintonizado con el primero. De lo anterior se encuentra que los diapasones deberán estar sintonizados de alguna manera para que las vibraciones del sonido lleguen a ser percibidas.*

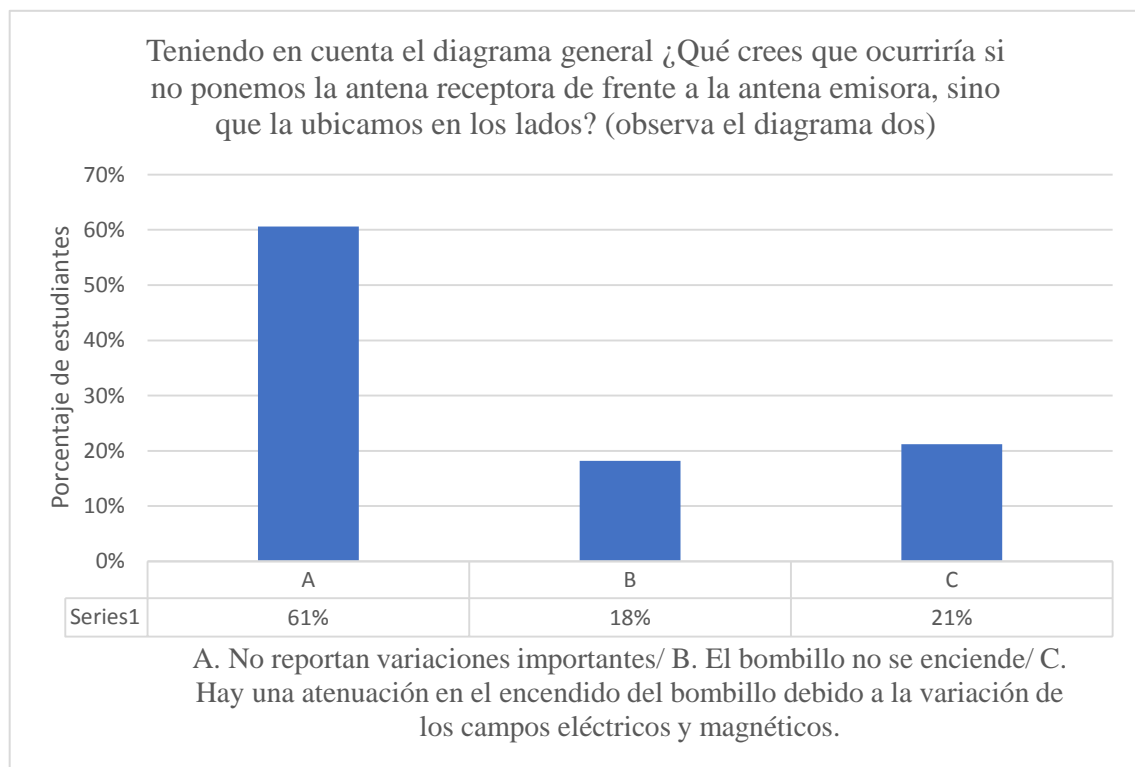
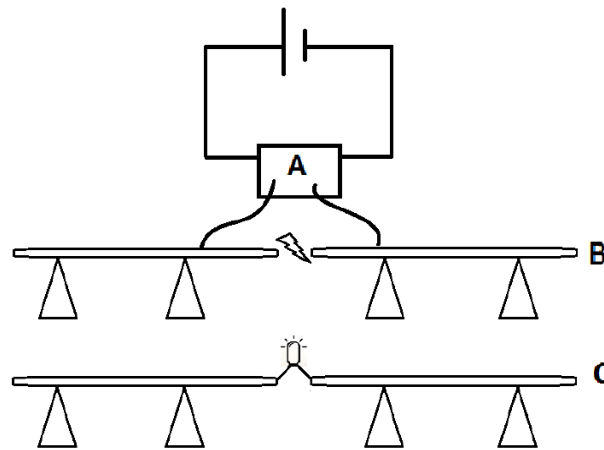


[Grafica 7]

En general, los estudiantes entendieron que ciertos fenómenos físicos se atenúan con la distancia. Por ejemplo, resaltan la atenuación de los campos eléctrico y magnético, la energía, la Fem y la intensidad de la onda generada. Claramente las respuestas son congruentes con el fenómeno observado ya que cada una de estas variables está implicada en la propagación de la onda electromagnética; sin embargo, en las respuestas específicas se notó que algunos estudiantes asociaron un límite espacial al campo, como si este tuviera un radio establecido, y así se despreció su naturaleza de largo alcance.

## 6. Sexta pregunta

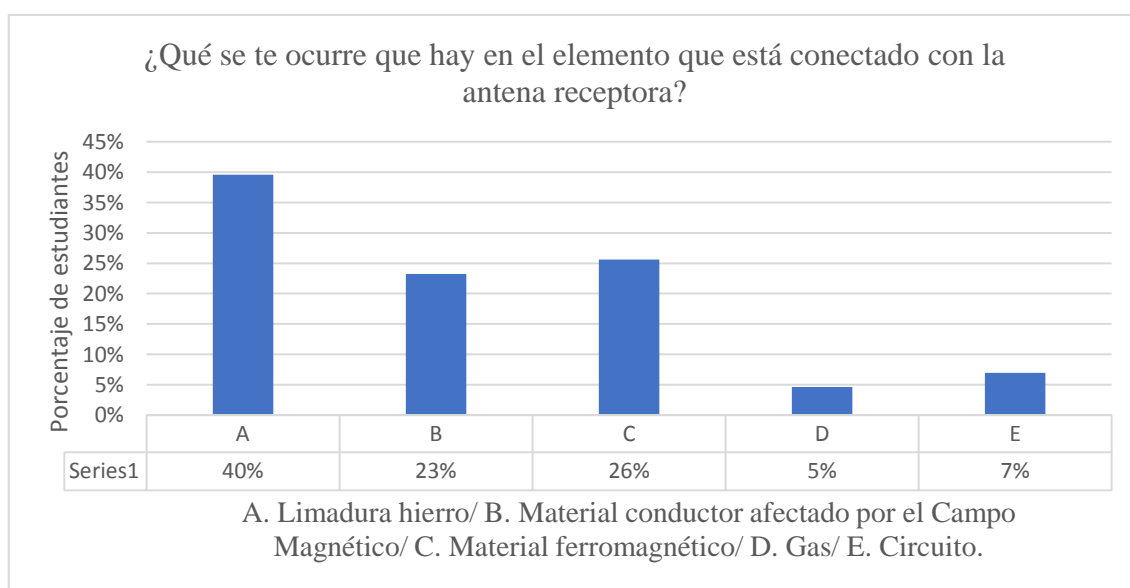
Diagrama general:



[Grafica 8]

Se percibe cierta confusión en torno al papel de la direccionalidad en la propagación de las ondas, puesto que los estudiantes se inclinaron a asociar el efecto únicamente con la distancia. Además de la tendencia de las respuestas se puede decir que los estudiantes no infieren que las ondas generadas por el dispositivo se propagan en todas las direcciones.

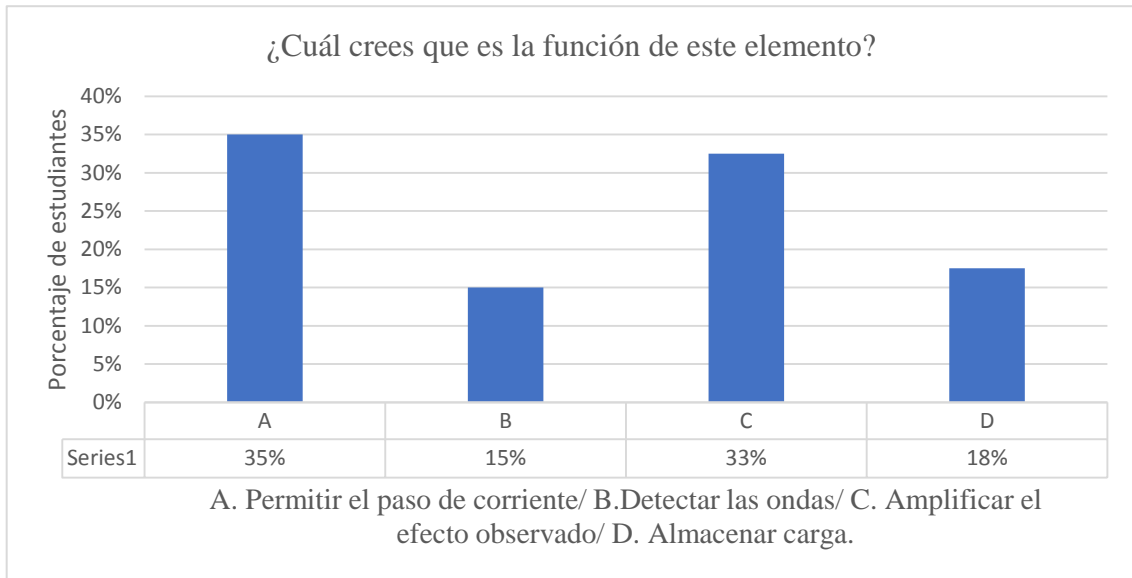
## 7. Séptima pregunta



[Grafica 9]

La gran mayoría de los estudiantes acertó frente al contenido del cohesor, como lo indican las respuestas A, B y C, lo cual es algo positivo, ya que indica unas ideas previas en relación al comportamiento de los materiales en presencia de campos magnéticos. Sin embargo, un 5% (D) supone la existencia de un gas como el elemento interno del cohesor y esta apreciación que no concuerda con el elemento utilizado.

## 8. Octava pregunta

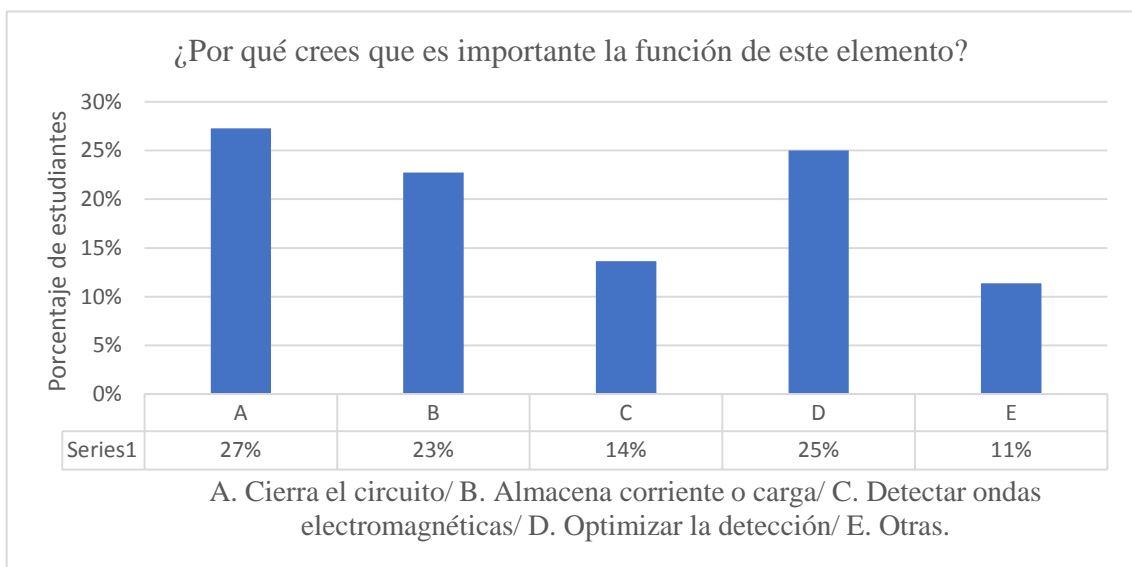


[Grafica 10]

Es positivo que la mayoría señaló el efecto del campo magnético sobre los materiales, evidenciando una buena comprensión sobre el reordenamiento de los dipolos magnéticos cuando son afectados por un campo magnético externo.

De forma acertada, los estudiantes resaltaron el paso de corriente como principal función del elemento, y algunos especificaron que su función más importante es la amplificación del efecto. Por otro lado, algunos estudiantes hablaron del almacenamiento de carga, aunque el dispositivo no cumple esta función.

## 9. Novena pregunta

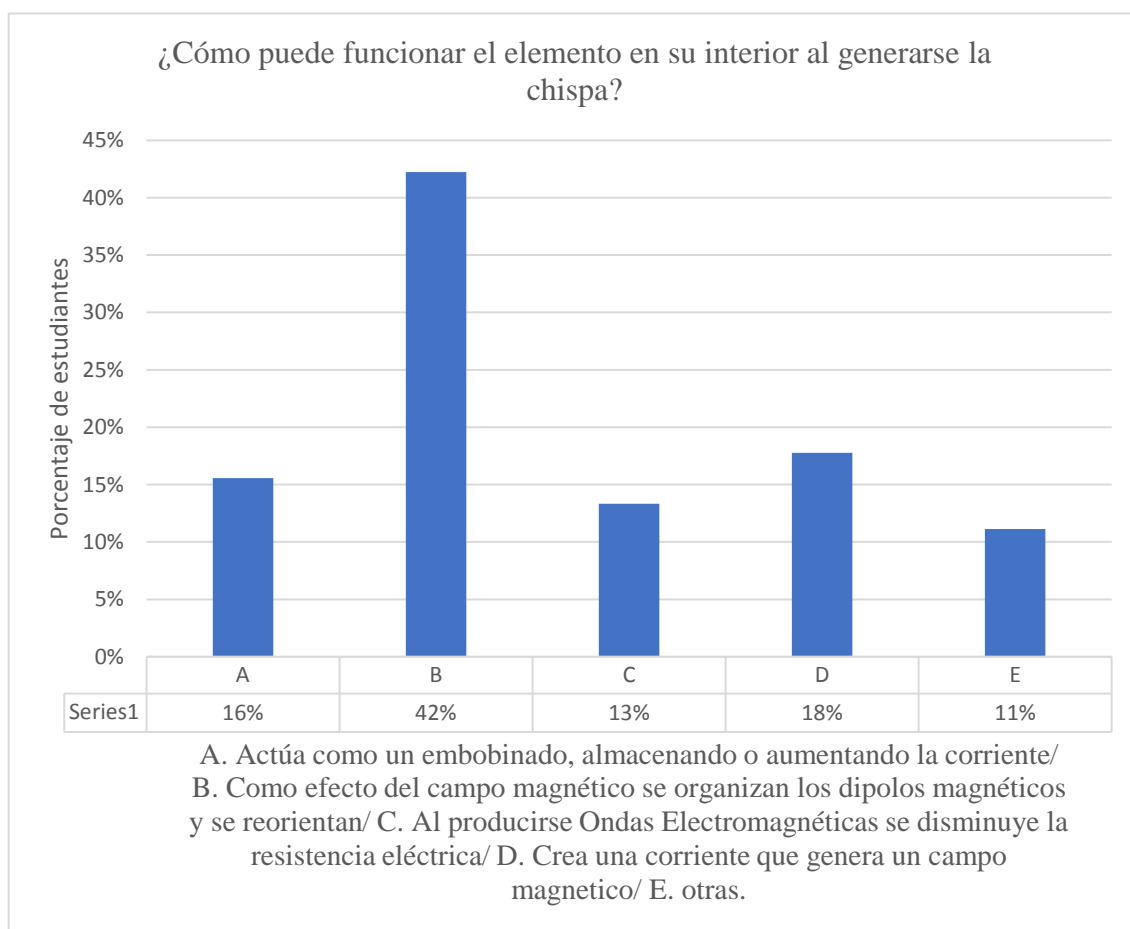


[Grafica 11]



Es importante expresar que un 27%(A) y un 25%(D) de los estudiantes evidenció que el papel del cohesor es actuar como interruptor, activado por la presencia de ondas electromagnéticas, lo que permite cerrar el circuito. De este modo un 14% (C) comprendió bajo que circunstancia es accionado; sin embargo, un 23%(B) plantea que su papel es almacenar corriente.

### 10. Décima pregunta



[Grafica 12]

En las respuestas B, C y D, se observa positivamente que los estudiantes interpretaron el funcionamiento del elemento cohesor, ya que los fenómenos mencionados están relacionados con la organización del material en función de sus dipolos magnéticos, resaltando que es debido al efecto del campo magnético que estos son orientados; a pesar de esto un 16% (A) manifestó que este elemento almacena corriente.

## CONCLUSIONES

La experimentación es parte esencial en cualquier tipo de formación en ciencias, además que mediante esta se logra generar nuevos contenidos que no necesariamente están relacionadas directamente con su objetivo principal, por ejemplo, en el caso de este trabajo de grado, el experimento de Hertz no solo permitió el estudio de las ondas electromagnéticas, sino que además permitió abordar y profundizar en algunos de los contenidos del curso de Electromagnetismo II, con la generación de ideas relacionadas a cada uno de los tópicos estudiados.

Mediante la implementación de la estrategia de aula, los estudiantes fortalecieron sus conocimientos previos, quedando planteadas sus fortalezas y algunas confusiones que surgieron durante la realización de la misma; además de que este experimento en particular facilitó a los estudiantes la comprensión entorno a las ondas electromagnéticas y los fenómenos de emisión, propagación y recepción.

Dado que la experimentación ha sido parte fundamental en la construcción de la ciencia desde sus inicios como filosofía, y que es un proceso que va de la mano con la construcción teórica, se considera indispensable en la formación de los estudiantes.

La importancia de reconocer la historia, trayendo a la memoria los trabajos anteriores al de Hertz, permite reconstruir la ruta de desarrollo de la ciencia bajo una realidad más objetiva, ya que se tiene el imaginario de la construcción de la ciencia como algo lineal e independiente de cada científico, sin embargo este largo proceso de construcción contiene varias fluctuaciones y cada uno de los científicos están directa o indirectamente relacionados, siendo esta la base fundamental en el establecimiento de las diferentes teorías físicas.

El experimento de Hertz construido y desarrollado, para la generación de ideas sobre las O.E, revela su utilidad ya que dicho instrumento facilita y amplía la visión de algunos conceptos del electromagnetismo tales como: la propagación de una onda electromagnética, la carga en movimiento, la autoinducción, ley de Ampere, ley de Faraday, además de la utilidad didáctica que posee el instrumento de la generación y recepción de O.E.

De igual forma el instrumento demostró ser una herramienta útil para el fortalecimiento de algunos conceptos teóricos que actualmente se desarrollan en los cursos relacionados con electromagnetismo tales como: los fenómenos de propagación, emisión y recepción en el curso Electromagnetismo II, ya que este, de una manera un poco más amena, muestra la forma en que se relacionan estos conceptos teóricos con el modelo experimental.

De esta manera se muestran las utilidades prácticas que facilita el instrumento, de tal forma que se pueda llevar al aula como una alternativa pedagógica diferente para la enseñanza de ciertos conceptos que son importantes en el campo del electromagnetismo. De igual forma, la construcción de dicho instrumento no requiere de una gran inversión de dinero y se puede construir de una forma muy sencilla. Así, los mismos estudiantes pueden construir sus propios instrumentos que les ayuden en sus procesos de aprendizaje.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso, M, y Finn, E. (1987). *Física volumen II: campos y ondas* (Carlos Heras, José Barreto y Rómulo Ballester, versión española). Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana S.A. (Obra original publicada en 1967).
2. *Aparatos para la enseñanza de las leyes físicas del siglo XIX*. (s.f.). Recuperado de:  
[https://www.upct.es/seeu/\\_as/divulgacion\\_cyt\\_09/Libro\\_Historia\\_Ciencia/web/carrete\\_de\\_ruhmkorff.htm](https://www.upct.es/seeu/_as/divulgacion_cyt_09/Libro_Historia_Ciencia/web/carrete_de_ruhmkorff.htm)
3. Braun, E. (1992). *Electromagnetismo: de la ciencia a la tecnología*. XV. Hertz, Ondas electromagnéticas. Recuperado de:  
[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec\\_17.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec_17.htm)
4. Berkson, W. (1985). *Las teorías de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein*. Madrid: Alianza.
5. Cantu, L. (1983). *Electricidad y magnetismo para estudiantes de ciencia e ingeniería*. México: Editorial Limusa.
6. *Experimento de Hertz*. (s.f.). Recuperado de:  
<http://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/ferial5/hertz.pdf>
7. Faraday, M. (1855). *Sobre algunos puntos de filosofía magnética* (María Gramajo y Carlos Orozco trad.). Inglaterra: Philosophical Magazine.
8. Faraday, M. (1852). *Sobre las líneas de fuerza magnética* (María Gramajo y Carlos Orozco trad.). Londres: Royal Institution Proceedings.
9. Ferreirós, J. y Ordóñez, J. (2002). *Hacia una filosofía de la experimentación*, N°102, (34), 47-86. México: CRÍTICA, Revista Hispanoamericana de Filosofía.
10. Gambau, J. (s.f.). *Los experimentos de Hertz*. Recuperado de:  
<https://es.scribd.com/doc/111701710/Los-Experimentos-de-Hertz>
11. Hertz, H. (1989). *Ondas electromagnéticas*. Selección de Manuel García Doncel y Xavier Roqué. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.

12. Hertz, H. (s.f.). *Sobre las relaciones entre la luz y la electricidad*.
13. Instituto Politécnico Nacional IPN (s.f.). *Proyecto Aula*. Recuperado de <http://www.dems.ipn.mx/Paginas/Docentes/PROYECTO-AULA.aspx>
14. Instituto San Isidoro (s.f.). *Carrete o bobina de Ruhmkorff* Aparatos del antiguo gabinete de física. Recuperado de: <http://institutosanisidoro.com/fisica-quimica/carrete-de-ruhmkorff.html>
15. Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y Construcción de magnitudes*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
16. Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
17. Martínez, S. y Huang, X. (2015). *Hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas*. México: Instituto de Investigaciones Filosóficas/Bonilla-Artigas Editores.
18. Maxwell, J. (1873). *A treatise on electricity and magnetism*, Vol. 2. New York: Cambridge University Press.
19. Maxwell, J. (1998). *Escritos científicos* (José Manuel Sánchez Ron, trad.), 80-103, 139-157. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
20. Roca Tort, M. (2005). *Las preguntas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias*, (33), 74-80. México: Revista Educar.
21. Romero, O. (2009). *El ciclo PODS: método que permite generar aprendizajes significativos de electromagnetismo a alumnos de segundo grado de secundaria*. México: Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/IsabelBautistaNavarr/el-ciclo-pods>
22. Shapiro, Alan E. (2007). *La "filosofía experimental" de Newton*. Estudios de Filosofía, (35), 111-147. Recuperado de:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-36282007000100005&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-36282007000100005&lng=en&tlng=es).

23. Torres Carrillo, A. (s.f.). *Mirando hondo: reflexiones del estado de la educación popular*.
24. Zappalá, D., Köppel, A. & Suchodolski, M. (2011). Propuestas pedagógicas por áreas de aprendizaje.


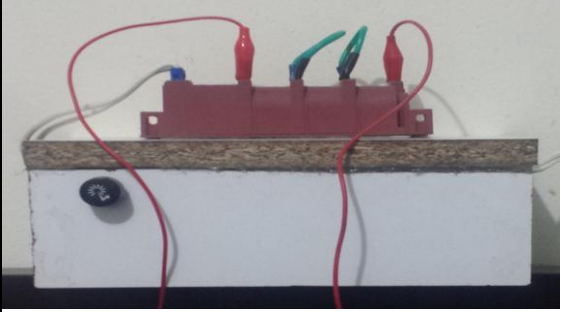

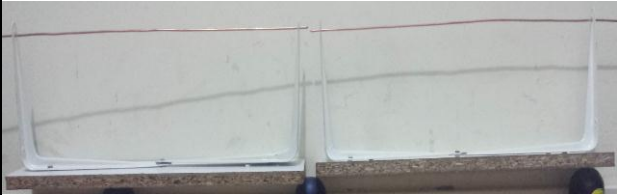
## ANEXO I

Guía propuesta.

### GUÍA DE TRABAJO

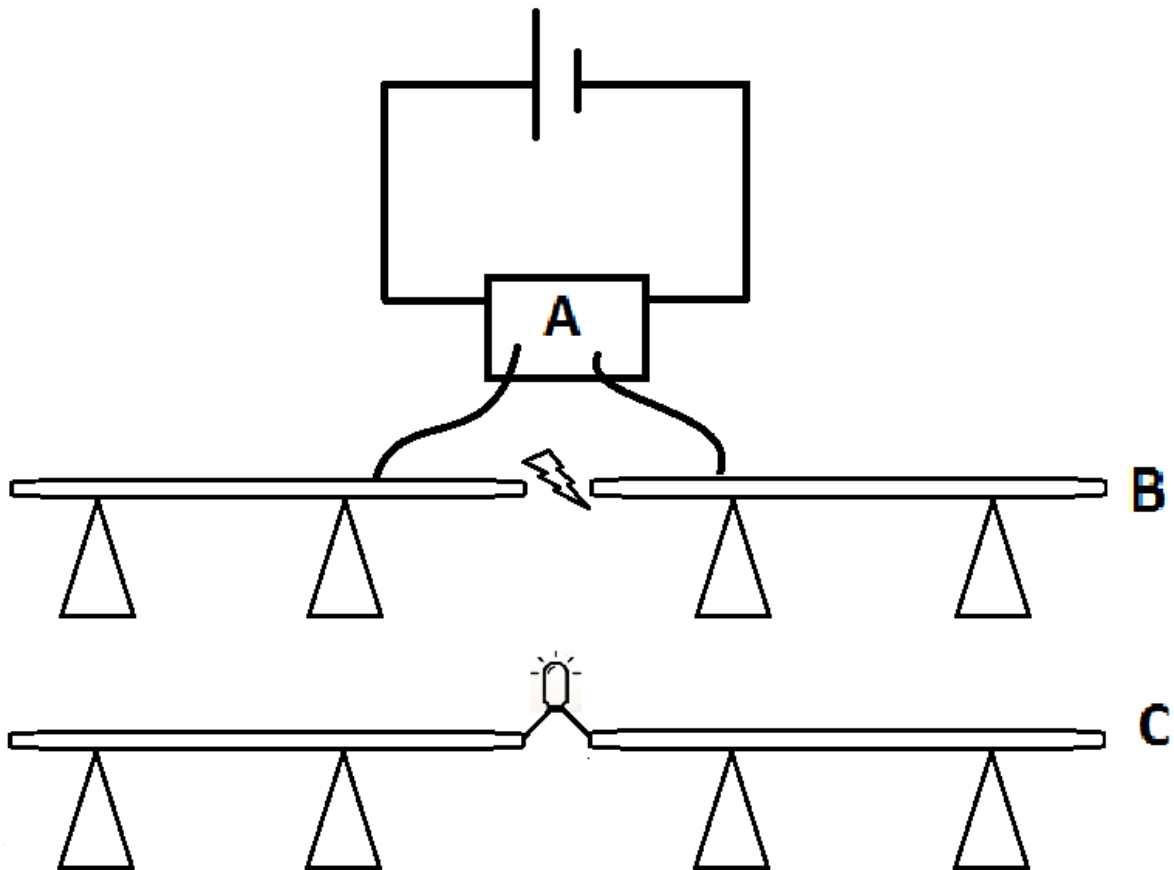
#### INTRODUCCIÓN

El montaje experimental con el cual se pretenden trabajar es la reconstrucción del montaje realizado por Heinrich Hertz, con algunas modificaciones.

Montaje de Hertz	Montaje elaborado
<p>El generador de chispas, era un carrete de Ruhmkorff, el cual es antecesor de los transformadores y funciona de la misma forma</p> 	<p>El generador de chispas es conocido usualmente como un Encendido eléctrico de estufa, el cual contiene el mismo principio de los transformadores con un circuito interno que regula la corriente.</p> 
<p>A la antena emisora se le anexan esferas de latón conectadas a una botella de Leyden creando la potencia para generar las descargas entre las esferas</p> 	<p>La antena emisora consta de dos alambres de cobre sostenidos por unos soportes en forma de L</p> 
<p>La antena receptora es un semicírculo con dos esferas de latón en sus puntas, lugar en el cual se generará la chispa</p>	<p>La antena receptora consta de dos alambres de cobre que en sus extremos tienen dos caimanes cumpliendo la función de sostener el cohesor y el led</p>



## DIAGRAMA DEL MONTAJE



A: Generador de chispas

B: Antena emisora

C: Antena receptora

## OBSERVACIÓN

### Antena emisora

La formación de la chispa se debe en primer lugar a una diferencia de potencial entre los dos alambres, que es capaz de romper el dieléctrico (aire). Es decir que cuando el campo eléctrico aumenta hasta el orden de 3 kV/mm, ioniza el aire circundante volviéndolo un conductor.



1. ¿Qué crees tú que ocurriría si entre los dos alambres, en los cuales se produce la chispa, hubiera una mayor distancia?

---

---

---

---

---

La densidad de carga, es una magnitud que asociamos para hablar acerca de la distribución de una cantidad de carga sobre cualquier tipo de área; Como puedes observar, cada uno de los alambres de la antena emisora en un extremo es puntudo y en el otro extremo es aplanado.

2. ¿Qué piensas que pasaría si hacemos los siguientes cambios en el lugar donde salta la chispa? (No olvides el dispositivo está siempre conectado a la misma fuente es decir  $\Delta V$ )

1. Dos alambres puntiagudos.

---

---

---

---

---

2. Dos alambres aplanados.

---

---

---

---

---

3. Un alambre puntudo y otro aplanado.

---

---

---

---

---

La ley de inducción de Faraday nos dice que la variación de un flujo magnético induce un campo eléctrico, es decir que, si el flujo magnético cambia con

respecto al tiempo, se induce un campo eléctrico, lo cual ocurre en la generación de la chispa. Es entonces, en el proceso de carga y descarga que se induce una Fem. De esta misma manera la ley de Ampere nos permite calcular el campo magnético producido por la corriente que circula, por ejemplo, en los alambres de las antenas emisora y receptora.

Del montaje sabemos, además, que mientras no hay descarga no circula corriente, primero sale de la fuente que en este caso es el tomacorriente, pasa por el generador de chispas estableciendo el alto voltaje, donde llega a la antena, finalizando en la producción de la chispa, con esto decimos que la corriente es instantánea es decir que solo fluye en el momento de generación de la chispa.

Dada la información anterior responde:

4. ¿Cómo es la corriente cuando se produce la chispa? y ¿cuál es su relación con los campos eléctricos y magnéticos generados?

---

---

---

---

---

Realiza una representación gráfica del campo magnético y eléctrico (cada uno con un color diferente para diferenciarlo) que se genera en los alambres de la antena emisora.



## Propagación

En la antena receptora, que está ubicada en un lugar específico, vemos que al generarse la chispa el bombillo se enciende.

5. ¿Cómo explicarías tú la relación entre el efecto de producción de la chispa y el encendido del bombillo? (recuerda el fenómeno de inducción)

---

---

---

---

---

Algunos de los estudiantes de Física que trabajaron con este experimento en el Salón de la Ciencia, pusieron la antena Emisora fija y comenzaron a desplazar la antena receptora, al hacer esta modificación se dieron cuenta que en algún momento el bombillo dejaba de encender. Esto les generó mucha curiosidad y decidieron poner la antena a diferentes distancias, observando que se encendía el bombillo hasta cierta distancia, y que al sobrepasarse ya no se encendía.

Además de esto basaron sus argumentos con analogías de otras experiencias que realizaron anteriormente con dos diapasones, que consistía en lo siguiente: Primero se ubican ambos diapasones a cierta distancia, luego se hacía vibrar uno de los dos, para observar después que el otro diapasón comenzará a vibrar como si estuviera sintonizado con el primero. De lo anterior se encuentra que los diapasones deberán estar sintonizados de alguna manera para que las vibraciones del sonido lleguen a ser percibidas.

6. ¿Por qué crees que sucedió esto con la variación de la distancia entre las antenas?

---

---

---

---

---

7. Teniendo en cuenta el diagrama general ¿Qué crees que ocurriría si no ponemos la antena receptora de frente a la antena emisora, sino que la ubicamos a uno de los lados? (observa el diagrama de la página dos)

---

---

---

---

---

Antena receptora

8. ¿Que se te ocurre que hay en el elemento que está conectado en la antena receptora?

---

---

---

---

---

9. ¿Cuál crees que es la función de este elemento?

---

---

---

---

---

10. ¿Por qué crees que es importante la función de este elemento?

---

---

---

---

---

11. ¿Cómo puede funcionar el elemento en su interior al generarse la chispa?

---

---

---

---

---

## EXPERIMENTAR

Verifica las respuestas que diste anteriormente, con ayuda del montaje experimental.

Describe metodológicamente lo que harías para dar respuesta a las preguntas hechas en la observación.

Intenta describir el proceso que llevas a cabo, es decir explica que vas a variar en el montaje, que vas a mantener constante y que tipo de medidas vas a realizar, si es que vas a realizar algunas medidas.

## SINTETIZAR

Escribe las conclusiones a las cuales te permitió llegar este experimento, por ejemplo, habla acerca del tipo de modelo físico y matemático que utilizaste para resolver las preguntas, menciona las nuevas preguntas que te surgieron a lo largo de la experimentación y señala los cambios que realizarías para responderlas.

## ANEXO II

Cuadro de respuestas de cada estudiante.

Pregunta 1 ¿Qué crees tú que ocurriría si entre los alambres, en los cuales se produce la chispa, hubiera mayor distancia?	Grupo 1 (4)	Grupo 2 (3c)	Grupo 3 (3c)	Grupo 4 (4c)	Grupo 5 (3)	Grupo 6 (5c)
	Disminuye la capacidad de los alambres y del campo eléctrico presente de ionizar el medio para que circule una corriente, es decir, para que exista una reorganización en los electrones de los átomos del aire y un flujo de electrones (descarga eléctrica).	A mayor distancia disminuye la chispa, es decir desaparece la chispa a mayor distancia aumenta la intensidad del bombillo.	Cuando se separan a medida que hay mayor distancia entre los alambres la intensidad de la chispa disminuye hasta que no se observa nada.	Lo que ocurrirá es que la chispa tarda más tiempo de llegar de una punta a la otra, y la chispa se volverá más gruesa, y el sonido del chispazo será más fuerte.	El campo eléctrico disminuye, como esto sucede habrá un momento en que el aire no se ioniza debido a su aumento en términos volumétricos, sin permitir que el dieléctrico se rompa.	No se genera chispa, a medida que se alejan los alambres la chispa se atenúa hasta dejar de observarse
	Grupo 7 (2c)	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11 (4)	Grupo 12 (3)
	La diferencia de potencial es directamente proporcional a la distancia de los alambres, al aumentar la distancia de los alambres disminuye la	Esto estara relacionado directamente con el campo eléctrico, ya que a mayor distancia, menos densidad de	El efecto va a ser menos visible entre mayor sea la distancia, hasta llegar al punto en que sea casi imperceptible	Se producirá una diferencia de potencial; a la que se separara; la energía potencial eléctrica aumenta	La chispa reduce la intensidad	Si se alejaran los alambres la diferencia de potencial disminuye, hasta el punto es que ya no se ionizara el aire.

	diferencia de potencial y disminuye la capacidad para romper los dieléctricos. (menor intensidad de chispa)	campo por ende este será mas débil y no romperá el dieléctrico				
Pregunta 2 ¿Qué piensas que pasaría si hacemos los siguientes cambios en el lugar donde salta la chispa? (No olvides que el dispositivo está conectado siempre a la misma fuente es decir $\Delta V$ ). * Dos alambres puntiagudos. * Dos alambres aplanados.	Grupo 1  *Puntiagudos: La corriente alterna (Ca) no es afectada por la forma de los alambres, sólo afirmamos que hay una densidad de carga alta en comparación con otro tipo de extremos. *Aplanados: Ca no es afectada por la forma de los alambres, es decir, la chispa es la misma si $\Delta V$ no cambia. La densidad de carga es pequeña. *Mezclados: Existe la misma corriente alterna producida por la $\Delta V$ variable y la constante en cuanto al tope máximo de magnitud. En el alambre puntudo existe	Grupo 2  *Puntiagudos: Podemos observar que la chispa es intermitente y el bombillo está coordinado con la chispa, además se puede ver que la chispa tiene mayor intensidad. *Aplanados: Podemos observar menor intensidad en la chispa y además no está sincronizada con el bombillo *Mezclados: Podemos observar que a menor intensidad de la chispa más	Grupo 3  *Puntiagudos: Se genera chispa porque el material es el mismo y la forma no influye. *Aplanados: se genera chispa porque el material no influye y se genera menos densidad en la carga. *Mezclados: se genera chispa porque la forma del material no influye	Grupo 4  *Puntiagudos: En las partes puntiagudas podríamos tener mayor densidad de carga que en las puntas planas, y se debería tener una chispa mas fuerte que en los otros dos casos, sin embargo en el montaje esto no es muy evidente *Aplanados: la carga se distribuye en mayor área entonces por lo tanto la chispa alcanza una menor distancia *Mezclados: En el aplanado la carga estará dispersada	Grupo 5  *Puntiagudos: La chispa se conecta de punta a punta, la carga acumulada es mayor *Aplanados: En este caso el área de llegada y de salida de los alambres aumenta, entonces la chispa ya no será tan intensa *Mezclados: En este caso la chispa se encontraba en al área más grande en sus bordes, pero en el área menor si se veía	Grupo 6  *Puntiagudos: si la distancia no es muy grande se genera una chispa *Aplanados: se sigue generando una chispa *Mezclados: se genera la misma chispa

*Un alambre puntudo y otro aplanado.	una densidad de carga alta y en el plano una pequeña.	intensidad en la luz del bombillo.		en una mayor área, a diferencia del puntudo. Por lo cual la distancia de la chispa estará dada entre la distancia de los dos alambres planos y los dos alambres puntudos	la chispa en toda la punta (dibujo explicativo)	
Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12	
*Puntiagudos: con estos alambres se puede dar cuenta de que los terminales puntiagudos, intensifican visualmente el paso de la chispa, se piensa que esto es a causa de la geometría puntiaguda ya que el terminal (Punta) acumula la salida de corriente, aumentando la posibilidad para ionizar el aire. *Aplanados: Teniendo estos terminales, aumenta el área de los terminales (plana) se	*Puntiagudos: Debido a que la densidad de carga que depende del área. Al afilar las puntas aseguramos que este se descargue más rápido por ende se producen más chispas... *Aplanados: igual que en el caso anterior depende del área y como al estar plano el	*Puntiagudos: Como el área es menor, la densidad de carga va a ser menor *Aplanados: Al haber mayor área, la densidad de carga va a ser mayor *Mezclados: Debe establecerse la relación entre área y densidad de carga, a modo simple podríamos decir que el	*Puntiagudos: La densidad de carga será igual *Aplanados: La densidad de carga aumenta, ya que el área aumenta *Mezclados: La densidad de carga varía	*Puntiagudos: La densidad de carga se centra más en un área pequeña (efecto corona), sería mayor la intensidad de la chispa *Aplanados: La densidad de carga se desplazaría por los alambres aplanados, y no se concentraría en un punto *Mezclados: La	*Puntiagudos: El campo eléctrico es más intenso en las puntas *Aplanados: El campo eléctrico sería menor, podría no alcanzarse la diferencia de potencial para generar la ruptura dieléctrica del aire *Mezclados: El campo eléctrico es mayor que en los alambres aplanados y	



	<p>puede observar que la chispa es más intermitente ya que la densidad de carga es mayor. Esto se debe a la inducción electromagnética, que se presenta en este circuito</p> <p>*Mezclados: La distribución de la corriente es intermitente ya que esta depende de la geometría del material conductor y se puede decir que no cambia visualmente mucho</p>	<p>área es mayor producir una descarga es más difícil debido a la densidad de carga por unidad de área</p> <p>*Mezclados: Creemos que si no varía la distancia de separación la chispa se producirá, pero si varía esta distancia la descarga no romperá el dieléctrico, en cambio (Punta-Punta) si aumenta la distancia habrá chispa para que no halla chispa la distancia debe ser muy grande respecto al sistema.</p>	<p>resultado va a estar en medio de los dos ejercicios anteriores.</p>		<p>chispa sería más cercana al alambre puntudo y no al aplanado</p>	<p>menor que los alambres puntudos</p>
Pregunta 3	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6

<p>¿Cómo es la corriente cuando se produce la chispa? y ¿cuál es su relación con los campos eléctricos y magnéticos generados?</p>	<p>El transformador intensifica la <math>\Delta V</math> y circula a través de esta corriente alterna (Ca). En la antena emisora también circula (Ca), el sentido de la corriente es variable al igual que los campos magnético y eléctrico. La carga va de derecha a izquierda y luego de izquierda a derecha.</p>	<p>Se puede ver que a través del campo magnético generado por la chispa, a su vez generará un campo eléctrico que generará que el bombillo encienda, pero al aumentar la distancia entre los dos alambres el campo será mayor y la corriente cuando se produce la chispa en anti horario.</p>	<p>Cuando el generador de chispa se carga la antena emisora produce una corriente alterna, en el instante que se produce la chispa hay un cambio en el flujo lo que produce un campo eléctrico que si varía en el tiempo genera un campo magnético.</p>	<p>Corriente alterna. Cuando se alejan las dos antenas emisoras la chispa será más larga y por ende la corriente será menor. Los campos magnéticos y eléctricos estarán variando debido a la corriente alterna</p>	<p>La relación que existe depende de la dirección de la corriente, si la chispa reacciona existe un flujo de corriente, primero se cargaran las varillas produciendo un E hasta que se produce la chispa y hay un flujo magnético, por lo que genera un campo magnético</p>	<p>Debido a que la corriente sale del tomacorriente (c.a.) pasa por el transformador cambiando el voltaje, como es una corriente alterna, el campo magnético generado por la corriente cambia de dirección.</p>
	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12
	<p>Teniendo en cuenta que al variar el campo electromagnético producido por el transformador genera una corriente alterna y esto me induce una variación de flujo eléctrico respecto al</p>	<p>La corriente juega un papel importante ya que de esta, depende la descarga en las terminales y será más rápida si menor corriente</p>	<p>La corriente es la que empieza la propagación de la onda electromagnética</p>	<p>La antena emisora se comienza a cargar (de manera que existe una corriente) las varillas generan campos eléctricos y magnéticos variables.</p>	<p>En tanto la corriente sea más grande la intensidad de campo magnético y campo eléctrico.</p>	<p>Al circular corriente, las cargas en movimiento generan un campo magnético uniforme, además dichas cargas generan también</p>

	tiempo, por ende, se genera un campo eléctrico la cual nos da una corriente inducida en sentido contrario a las manecillas del reloj	la intensidad de la chispa será menor y a mayor corriente la intensidad será mayor.				un campo eléctrico.
Pregunta 4 ¿Cómo explicarías tú la relación entre el efecto de producción de la chispa y el encendido del bombillo? (recuerda el fenómeno de inducción)	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
	La Ca que circula en la antena emisora genera que un campo magnético variable, se induce una Fem que produce una (Ca) en la antena receptora, debido a la variación en el flujo magnético, esta Ca genera un encendido no continuo del Led. El funcionamiento del led es encendido cuando el electrón pasa por el terminal positivo.	A menor distancia entre los alambres mayor chispa pero el campo eléctrico generado es menor por lo tanto disminuye la intensidad de la luz del bombillo	En el instante que se genera la chispa se genera un Fem debido al cambio de flujo por lo tanto en la antena receptora, se genera una corriente inducida lo que hace que el bombillo encienda.	Cuando hay una variación del flujo magnético se induce un campo eléctrico. La chispa la podemos hacer evidente con cierta magnitud de la misma en este caso muy alta	En $t=0$ la intensidad del B empieza a variar hasta un instante $t$ donde se induce una Fem en el otro alambre opuesta a la corriente inicial	Cuando no hay corriente, no hay campo magnético, en el momento que pasa la corriente se genera un campo magnético, generando una variación de flujo magnético, lo que produce una Fem
	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12
	El circuito que está conectado a los alambres genera una corriente con las manecillas del reloj, los	Cuando se produce la descarga se genera una onda electromagnética.	Al producirse la chispa se induce un campo magnético y este a su vez induce	Si en efecto existen ondas electromagnéticas, al ser emitidas por el circuito se	Como las O.E. se propagan se evidencia que en la antena receptora se	Por inducción magnética, y en específico por la Inductancia mutua. En este caso el

	alambres que están en paralelo generan una corriente inducida en contra de las manecillas del reloj, por esto la corriente inducida pasa por las patitas del led lo que genera que alumbre.	La cual perturba y viaja en el espacio circundante y es percibida en un circuito receptor	un campo eléctrico y una corriente inducida lo que enciende el bombillo	propagarán en todo el espacio circundante al llegar las ondas al detector se induce en él un campo eléctrico (además del magnético) por ende se induce una corriente eléctrica	genera la luz, por la misma propagación	área encerrada por el circuito atraviesa un flujo variable y por ende se induce una Fem que causa un flujo de corriente haciendo encender el bombillo.
Pregunta 5 ¿Por qué crees que sucedió esto con la variación de la distancia entre las antenas?	Grupo 1 Porque la intensidad del campo magnético disminuye con el cuadrado de la distancia	Grupo 2	Grupo 3 La intensidad del campo magnético está limitada en una región del espacio, cuando se supera ese límite la bombilla deja de encender	Grupo 4 Porque hay una distancia determinada en la cual las antenas emisoras pueden actuar con las receptoras y por la variación del campo magnético	Grupo 5 Un campo electromagnético transporta energía y al variar la distancia de la antena emisora y receptora haciendo que tienda a infinito el campo pierde energía por el medio, se disipa y por tal razón a una distancia muy grande no se alcanza a inducir una	Grupo 6 La intensidad de campo magnético generado por la antena emisora decrece con la distancia, de tal forma que la Fem disminuye hasta tal punto que no es suficiente para que el bombillo encienda.

					corriente en la otra antena	
	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12
	Comparando estos dos montajes podemos decir que la antena emisora envía una onda que se propaga por el ambiente, pero su intensidad persistible, solo llega hasta un punto para causar efectos en otro cuerpo (antena receptora) entonces se puede decir que la Fem depende de la distancia, al tener distancia mayor la intensidad del campo B disminuye	Creemos que esto es debido a la intensidad de la onda generada a medida que aumenta la distancia de la onda pierde intensidad debido al espacio circundante hasta el punto de no ser percibida por la antena receptora.	Tal vez la antena receptora se salva del radio de emisión del campo magnético por lo cual no habrá corriente inducida	Al haber mas distancia entre las antenas va a disminuir nuestro campo eléctrico y magnético	Tiene que ver con la intensidad de la onda ELM, y cómo varían los campos respecto a la distancia con la que son producidos	Puede ser que aunque se induzca una Fem, ya no es lo suficientemente grande para encender el bombillo
Pregunta 6 Teniendo en cuenta el diagrama general ¿Qué crees que ocurriría si no	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
	No variará debido a que el campo es paralelo a la antena receptora.	En este caso el bombillo se sigue encendiendo, se mantienen las mismas condiciones iniciales, es decir	Si se enciende la bombilla debido a que la corriente circula a lo largo del material conductor hasta llegar al otro	Para que la acción magnética sea máxima lo ideal sería teniendo un ángulo de 90 grados con la antena, al variar	Al ubicar la antena receptora a un costado intuimos que la dirección de propagación ya no debe ser	Al moverla hacia los lados, el bombillo se sigue prendiendo

ponemos la antena receptora de frente a la antena emisora, sino que la ubicamos en los lados? (observa el diagrama dos)		a mayor distancia aumenta la intensidad de la luz.	extremo.	este ángulo tendríamos que hallar la componente la cual es afectada por el campo magnético.	perpendicular a la segunda antena y por ende la dirección de los campos B y E cambiarán. Evidenciamos que el bombillo se enciende tenuemente.	
	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12
	Igualmente se generara una Fem, la cual generara una corriente inducida que viajara por el alambre conductor, generando así el mismo efecto que veníamos observando anteriormente	Partiendo de que las ondas se propagan en todas las direcciones, podemos inferir que en el receptor se percibirá la señal que también dependerá de la distancia.	Pienso que el bombillo seguirá prendido ya que la antena receptora alcanzara a percibir un poco el campo magnético.	El bombillo no se va a prender cuando se coloque de lado a cuando si lo hace, cuando esta frente esto pasa por el sentido de la polarización	La distancia, es la variable involucrada, en el fenómeno de la forma como prende el bombillo.	Podría ya no encenderse el bombillo.
Pregunta 7 ¿Qué se te ocurre que hay en el elemento que está	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
	Hay un material magnetizable, puede ser un metal como limadura de hierro.	Se encuentra un metal preferiblemente limadura de hierro	Pensamos que dentro de este elemento hay un material conductor que al	Un conductor muy sensible al campo magnético.	Por simple inspección creemos que hay limadura de hierro o átomos,	Hay un elemento ferromagnético, haciendo que las partículas del material se

conectado con la antena receptora?			interactuar con el campo que generan la chispa se ordenan las cargas que hace que se genere un paso de corriente hacia al circuito.		que componen algún material ferromagnético	organicen y permitiendo el paso de corriente
	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12
	Debe tener un gas en su interior que le permita almacenar corriente en un $\Delta t$	En el cohesor suponemos que es alguna limadura de un material principalmente ferromagnético.	Un pequeño circuito que permita el paso de corriente, para así dar fe de la existencia de esta en la antena receptora.	Cohesor en su interior tiene limaduras de hierro y una pequeña cantidad de limadura de plata.	Un material conductor; aparentemente son limaduras de hierro.	Virutas metálicas dentro de un tubo cilíndrico con terminales conductores "cohesor"
Pregunta 8 ¿Cuál crees que es la función de este elemento?	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
	Amplifica la magnitud de la corriente y el campo magnético.	Aumenta la capacidad del campo magnético ya que al momento de estudiarlo por medio de una brújula podemos ver su comportamiento, es decir vimos si	La función de este elemento es almacenar carga y distribuir corriente al circuito para encender la bombilla, y cuando no se genera chispa la bombilla continua	La función del elemento es maximizar el efecto	Como es un elemento conductor, entonces sus electrones se acomodan en donde se encuentra el flujo, lo que permite que se pueda ionizar el	La función de este elemento es una especie de interruptor, cuando las partículas están desorientadas hay una resistencia a la corriente, que no permite que la corriente fluya, en

		aumenta o disminuye.	encendida ya que este elemento almacena carga.		aire	el momento de generar la chispa las partículas se orientan, permitiendo el paso de corriente
	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12
	Amplificar la intensidad de la corriente para que así se pueda observar un efecto mayor en la corriente inducida y por ende encienda el LED con mayor intensidad.	Conducir la carga por medio de la organización y la intensidad del campo a mayor intensidad mayor orden (Líneas de campo) mayor densidad	Confirmar la existencia de una corriente inducida en la antena receptora gracias a la chispa de la antena emisora	Es un dispositivo que permite la detección de las ondas de radio	Almacenar la carga, como elemento receptor	Detectar ondas electromagnéticas, y bajo la influencia de las ondas Hertzianas disminuyen considerablemente la resistencia eléctrica, facilitando el paso de la corriente.
Pregunta 9 ¿Por qué crees que es importante la función de este elemento?	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
	Porque logra cerrar el circuito y nos permite amplificar el campo magnético y nos permite aumentar la corriente.	Al tener conectado el circuito almacena una corriente y cumple la función como de un embobinado, y al momento de apagar el transformador	Para que la corriente que produce la chispa no se disipe y quede almacenada en este elemento.	Par poder ver de una manera más clara el efecto de inducción magnética debido a la variación del flujo	Para qué puede ionizarse el aire y percibirse el rayo.	Por las características que el elemento tiene, permite maximizar o minimizar el paso de corriente.



		observamos que aún se enciende el bombillo				
	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12
	Porque aumenta la intensidad de la corriente y esto nos permite mayor alcance en distancias mayores y así, se pueda aumentar la corriente inducida y por lo tanto una Fem	Sin él no se detectaría la onda electromagnética	Es importante porque da una constancia de la propagación de las ondas electromagnéticas	El cohesor nos permite tener una mejor recepción de la señal	Sin él no se podría almacenar la carga y al momento de retirar la fuente emisora de ondas ELM, el bombillo se apagaría al instante	Al disminuir la resistencia, para un mismo valor de la Fem inducida, circula mas corriente. El flujo de esta es la que permite encender el bombillo.
Pregunta 10 ¿Cómo puede funcionar el elemento en su interior al generarse la chispa?	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
	Se comporta como un embobinado que aumenta el flujo de corriente.	Se podría decir que funciona como un embobinado generado almacenando corriente.	Cuando se genera la chispa se organizan los dipolos magnéticos, es decir todos se orientan en la misma dirección.	Cuando la chispa se genera se crea un campo magnético, el cual hace que en el interior de cohesor se reorganicen sus partículas y se cree un puente.	Se crea una corriente la cual genera un campo magnético, el cual depende de la dirección de esta corriente	Las partículas que conforman el elemento tiene un momento magnético que se organiza con un campo magnético externo.
	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12
	Pensaríamos que es un	Esta limadura se	Este se activa al	Ante un pulso de	Hay una	Al generarse la

	<p>elemento principalmente conductor que a su misma vez almacena corriente entonces lo que pasaria sera que se organizarian las cargas interiores polarizando el conductor, y permitiendo mayor flujo de corriente</p>	<p>organiza según la polaridad del campo</p>	<p>percibir la corriente inducida gracias a la Ley de Faraday, así mismo se ve la propagación de la onda electromagnética.</p>	<p>radio frecuencia, el cohesor pasa a un estado de baja resistencia, para que el cohesor pueda detectar el siguiente pulso debe pasar a un estado de alta impedancia, lo que se consigue golpeándolo para romper las micro soldaduras formada entre las virutas.</p>	<p>organización en las limaduras, se condensa la carga de modo que si hay una reorganización, la carga también se reorganiza.</p>	<p>chispa, se propaga una onda electromagnética de ciertas características, que hace que las limaduras de hierro tengan menor resistencia eléctrica.</p>
--	--	--	--	---	---	--