

# **UN SALTO AL ESTADO SUPERCONDUCTOR EN EL AULA**

Cristhian Camilo Ramírez M.

Universidad Pedagógica Nacional.  
Facultad de Ciencia y Tecnología.  
Departamento de Física  
Bogotá, Julio 2018

**UN SALTO AL ESTADO SUPERCONDUCTOR EN EL AULA**

**CRISTHIAN RAMIREZ MENDEZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE LICENCIADO EN  
FÍSICA**

**JUAN CARLOS OROZCO C.**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**LICENCIATURA EN FÍSICA**

**BOGOTÁ D.C. 2018**

## **Dedicatoria**

El trabajo que se presenta a continuación, fue realizado no solo bajo una motivación personal, sino que a su vez, muestra una serie de matices a lo largo del mismo, matices en los que resaltan las ideas y concepciones de todos aquellos docentes que construyeron en mi paso por la academia, una figura crítica de la ciencia y la importancia que representa esto en la educación de la Física; del mismo modo quisiera recalcar el apoyo de parte de mis compañeros y todas aquellas personas que fueron pilares en mi construcción no solo como profesional sino como persona, mostrando un apoyo constante e incondicional en momentos difíciles de mi paso por la universidad, ya por último recalco el papel protagónico que toman mis padres y mi familia en general, pues sin ellos no hubiese sido posible el alcance que he tenido hasta estos momentos, dado que siempre me proporcionaron una educación basada en valores y fraternidad que me permite decir hoy en día, he llegado a ser un profesional idóneo.

Es por esto, que el trabajo aquí expuesto, va dedicado a la planta docente del departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, tanto los docentes y administrativos que hoy se encuentran en función del buen desempeño de sus labores, como todos aquellos que hicieron parte de mi formación y que por distintos motivos hoy no se encuentran laborando en la universidad, del mismo modo, hago extensa la dedicatoria, a todos mis compañeros, tanto del departamento como de otras carreras, que por motivos de espacio me es difícil hacer mención especial a cada uno de ellos, mas sin embargo hacen parte importante en la construcción de este documento de forma implícita.


Ya, por último, el esfuerzo de mis padres; María Cristina Méndez Castro y Guillermo Ramírez Lazo, junto con el resto de personas que conforman mi familia; ha hecho que, no solo el documento sino que los distintos logros que he tenido a lo largo de mi carrera, sean especialmente dedicados a ellos.

## Resumen

El papel de las ciencias en las sociedades actuales es crucial, en sus relaciones con la tecnología impacta la cultura y plantea retos a la educación. Por eso resulta pertinente para los profesores de física las siguientes preguntas: ¿para que enseñar ciencias? ¿Qué ciencia enseñar? y ¿Cómo enseñarla?

Buscaremos dar respuesta a dichas preguntas, por medio de una educación basada en la relación existente entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (CTS), de esta forma se intenta acercar al estudiante a una educación en ciencias que reconozca su realidad y tenga en cuenta los desarrollos de la física. Con tal fin, nos basaremos en los estudios previos de OSTERMMANN y MOREIRA (2000), que hablan de la importancia de enseñar la física moderna en la educación media y el papel del maestro en el aula en dicha tarea.

Así, se propone la implementación de una ruta de aula que, a partir de una aproximación al electromagnetismo (magnetismo, inducción electromagnética, conductividad eléctrica) involucre a los estudiantes en algunos tópicos de la física moderna como lo es el estado superconductor. Esta aproximación permite explorar las relaciones CTS por todos sus grandes avances en las tecnologías modernas, y de tal forma establecer un puente entre la física clásica y la física moderna.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formando al futuro</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página v de 75	

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>	Un salto al estado superconductor en el aula
<b>Autor(es)</b>	Ramírez Méndez, Cristhian Camilo
<b>Director</b>	Orozco Cruz, Juan Carlos
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018. 51 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	ESTADO SUPERCONDUCTOR, CIENCIA, TEGNOLOGIA, SOCIEDAD, INDUCCION ELECTROMAGNETICA, MAGNETISMO, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, EDUCACION MEDIA

2. Descripción
<p>En este trabajo se presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de temas contemporáneos de la Física como lo es el estado superconductor en el nivel de escolaridad de educación media, en el colegio Instituto Técnico Laureano Gómez. Del mismo modo se resalta la importancia de buscar estrategias motivadoras para los estudiantes, del semillero de Física de la institución. La estructura de la propuesta articula los conceptos básicos del electromagnetismo, conceptos básicos del estado superconductor, la relación existente CTS (ciencia, tecnología y sociedad) y la constante experimentación como estrategia de enseñanza. Dentro de la propuesta se desarrolla la articulación entre la Física clásica y la Física moderna generando puentes a partir de la experimentación que facilitan la comprensión del lenguaje abstracto que posee la física de superconductores; y por último, las diferentes problemáticas que se presentan en el aula de clases de educación media, que obstaculizan el aprendizaje de este tipo de tópicos.</p>

3. Fuentes
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Arrayas, M., &amp; Trueba, J. L. (2007). Electromagnetismo, circuitos y semiconductores. Madrid: Dykinson.</li> <li>2. Atkins, P., &amp; Paula, J. D. (2006). Química Física. Madrid: Medica Panamericana .</li> <li>3. Ayala , M. M., Romero, A., &amp; Malagon, F. (s.f.). de la mecanica newtoniana a la actividad de organizar los fenomenos mecanico. preimpresos .</li> </ol>

4. Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Proposições*, 19-37.
5. Bradamante, F. (NOVIEMBRE de 2006). SUPERCOMET2. Recuperado el AGOSTO de 2016, de [www.supercomet.eu](http://www.supercomet.eu)
6. Braida, M., & Michelini, M. (s.f.). *Introduzione alla Superconduttività Sperimentazione didattica*. Italia : UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI UDINE.
7. Brophy, J. J. (1979). *Electrónica fundamental para científicos*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
8. Charles, K. (2003). *Introducción a la física del estado sólido*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
9. Collieu, A. M., & Powney, D. J. (1977). *Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales*. Madrid: REVERTÉ S.A.
10. Cortes, D. (2000). *Diccionario de ciencias*. Madrid: Oxford complutense S.A.
11. Desconocido. (24 de 03 de 2012). Todo es química. Recuperado el 10 de 01 de 2018, de Todo es química: <https://todoesquimica.blogia.com/2012/032403-cero-absoluto-de-temperatura.php>
12. Donate, A. H. (1999). *Principios de electricidad y electrónica II*. Barcelona: Marcombo.
13. Golombek, D. A. (2008). *aprender y enseñar ciencias, del laboratorio al aula y viceversa*. ciudad autonoma de Buenos Aires: fundacion santillana.
14. Guayasamin, G. (2010). *Física: Ciencia Fundamental*. Estados unidos: Xlibris.
15. Judy Carolina Anacona Beltrán, Y. A. (2011). IMPLEMENTACIÓN DE LA SUPERCONDUCTIVIDAD EN LOS ESTADOS DE LA MATERIA PARA EDUCACIÓN MEDIA. *revista científica U Distrital*, 27-32.
16. Kaku, M., & Callan, J. (2011). *La física del futuro: Cómo la ciencia determinará el destino de la humanidad y nuestra vida cotidiana siglo XXI*. Barcelona: Debate.
17. Kittel, C. (1997). *Introducción a la física del estado sólido*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
18. Kragh, H. (2007). *Generaciones cuánticas*. Madrid: Princeton University Press.
19. Linares, R. N. (2009). *Balance de un siglo de Superconductividad y superconductores*. Zaragoza.
20. Magaña, L. F. (2013). *Los superconductores*. Mexico: Fondo de cultura economica .
21. MEN. (s.f.). MINEDUCACIÓN. Recuperado el 23 de 01 de 2017, de MINEDUCACIÓN: [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)
22. Olabuénaga, J. I. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa*. Bilbao: Deusto.
23. Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2000). *Física contemporanea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando la formacion de profesores*. ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, (págs. 391-402). Porto Alegre .
24. Prieto, T., España, E., & Martin, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Eureca sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 71-77.
25. Quintana, J. C., & Aguilar, F. L. (2007). *Interacción Electromagnética*. Teoría

- Clásica. Barcelona: REVERTÉ S.A.
26. Raman, J. (1 de 06 de 2015). Superconductividad . Obtenido de <http://ramanujan25449.blogspot.com/2015/06/superconductividad.html>
  27. Shriver, D. F., Atkins, P. W., & Langford, C. H. (2004). Química inorgánica, Volumen 2. Barcelona: REVERTÉ S.A.
  28. Soto, A. S. (2009). Electromagnetismo. Colombia: Universidad de Antioquia.
  29. Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). Física para la ciencia y la tecnología, Volumen 2. Barcelona: REVERTÉ S.A.
  30. Viñas, W. G., & Mancini, H. L. (2002). Ciencia de los Materiales. Madrid: Universidad de Navarra.

#### 4. Contenidos

Objetivo general: Plantear una ruta de aula para la enseñanza del fenómeno del estado superconductor, que permita involucrar a los estudiantes del colegio Instituto Técnico Laureano Gómez en el estudio y comprensión de fenómenos relacionados con dicho estado.

Objetivos específicos:

- Aproximar a los estudiantes del colegio Laureano Gómez por medio de montajes experimentales en el estudio del estado superconductor.
- Consultar y estudiar diversos materiales que se puedan llevar al aula para la enseñanza del estado superconductor.
- Involucrar a los estudiantes del Instituto Técnico Laureano Gómez en el estudio del estado superconductor mediante fenómenos dados en el electromagnetismo clásico.
- Identificar diferentes aplicaciones del estado superconductor en procesos industriales y el desarrollo tecnológico.

Capítulo 1. Contexto problemático: planteamiento del problema y objetivos

Capítulo 2. Comprendiendo el estado superconductor: se aborda la naturaleza del estado superconductor mediante la teoría de bandas, dándonos una idea más clara de las bases que fundamentan los diferentes conceptos de los materiales aislantes, semiconductores y conductores, para de esta forma entrar a definir un material superconductor y las características principales que le permiten tener las propiedades del estado superconductor en términos de resistencia eléctrica nula y diamagnetismo perfecto.

Capítulo 3. Análisis del estado superconductor en el aula.

Se describe, todo el proceso metodológico dado a lo largo de la investigación, en donde se pone de presente la elaboración de montajes experimentales propuestos por los estudiantes que los lleven a generarse preguntas y, a su vez, generen una explicación de lo ocurrido a lo largo de la experiencia.

Capítulo 4. Conclusiones:

## 5. Metodología

En la monografía se realiza un estudio de población, por medio de una metodología cualitativa; esto se debe a que, por medio de dicha metodología, la investigación se centra en dar una descripción de hechos sociales que describan la rutina y las situaciones problemáticas utilizando un proceso interpretativo más personal en pro a entender la realidad.

Por otro lado, se hace uso de un aprendizaje por descubrimiento, basado en un modelo constructivista poniendo de presente la idea de Ausubel.

## 6. Conclusiones

- Se tiene que resaltar la importancia de conocer los contextos en que se produce el conocimiento científico y los alcances que este tiene, y esto a su vez, propone reorientar el papel del maestro en el aula puesto que, este papel debe responder ciertos retos en la educación del presente siglo que tiene como finalidad una mejor comprensión de los estudiantes.
- Se considera necesario una educación basada en CTS que lleve a mejorar los laboratorios y de este modo, propiciar espacios a los estudiantes para el desarrollo de actividades que les pongan retos y alternativas de conocimiento
- Considero desde mi formación como docente y la culminación de esta investigación, que países como Colombia, se hace pertinente y necesario nuevas investigaciones que le apuntes, no solo a las múltiples formas en cómo se puede enseñar la Física, sino que al mismo tiempo, se generen investigaciones con el fin de enseñar a los jóvenes del siglo XXI una ciencia que les permita entender el mundo del siglo XXI.

<b>Elaborado por:</b>	Ramírez Méndez, Cristhian Camilo
-----------------------	----------------------------------

<b>Revisado por:</b>	Orozco Cruz, Juan Carlos
----------------------	--------------------------

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	08	05	2018
--	----	----	------

## Tabla de contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>i</b>
<b>Capítulo I: Contexto problema</b> .....	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Objetivos .....	6
1.2.1 Objetivo general .....	6
1.2.1 Objetivos específicos .....	6
1.3 Justificación .....	7
1.4 Metodología .....	11
1.5 Antecedentes .....	12
<b>Capítulo II: Comprensión del estado superconductor</b> .....	<b>17</b>
2.1 Resistencia eléctrica nula .....	23
2.2 diamagnetismo perfecto .....	25
<b>Capítulo III: Análisis del estado superconductor en el aula</b> .....	<b>27</b>
3.1 Descripción de la población .....	27
3.2 Construcción de la ruta de aula .....	28
3.3 Implementación y sistematización .....	31
3.3.1 Batalla entre fuerzas .....	32
3.3.2 Generando campos .....	36
3.3.1 Bajemos la temperatura .....	40
3.3.2 Hora de cambiar al mundo .....	44
<b>Capítulo IV: Conclusiones finales</b> .....	<b>48</b>

## Lista de tablas

Tabla 1. <i>Ideas centrales de los trabajos investigados</i> .....	15
Tabla 2. <i>Temperaturas criticas elementos atómicos</i> .....	22
Tabla 3. <i>Tópicos de la investigación</i> .....	30
Tabla 4. <i>Montajes experimentales: batalla entre fuerzas</i> .....	34
Tabla 5. <i>Montajes experimentales: generando campos</i> .....	38
Tabla 6. <i>Montajes experimentales: bajemos la temperatura</i> .....	42

## Lista de Figuras

Figura 2. <i>Estado sólido cristalino</i> .....	18
Figura 2. <i>Teoría de bandas</i> .....	19
Figura 3. <i>Modelo de bandas de energía</i> .....	20
Figura 4. <i>Efecto de disminución de temperatura en la red cristalina de los materiales que presentan un estado superconductor</i> .....	23
Figura 5. <i>Modelo de bandas estado superconductor</i> .....	24
Figura 6. <i>Trayectoria de flujo de electrones</i> .....	25
Figura 7. <i>Líneas de campo en un material superconductor en presencia de un campo magnético</i> .....	26
Figura 8. <i>Montaje para experimentar las fuerzas de oposición al movimiento de un imán como efecto de la ley de Lenz</i> .....	26

## **Introducción**

La investigación aquí propuesta, gira en torno al tema del estado superconductor como un tema motivador en el ámbito escolar y académico, es así, que los aspectos a tratar seguirán una línea de trabajo, en donde se evidencia, no solo el fenómeno como un hecho que llegó a dar grandes avances tecnológicos y científicos; sino que se enfocará en dar una mirada diferente a la ciencia desde el aula de clases de la educación media.

El presente trabajo, tiene lugar en el Instituto Técnico Distrital Laureano Gómez, en donde a través de mi práctica docente, se llega a la conformación de un semillero de Física con algunos de los estudiantes de grado decimo y once. En la duración de la presente investigación se observó cómo los estudiantes construyen su conocimiento con base en su experiencia sensible, así mismo, se muestra como al hacer un acercamiento del sujeto al fenómeno privilegiando el desarrollo de experimentos, lo lleva a dar explicaciones contundentes del mismo.

En este orden de ideas, la presentación de la experiencia desde la perspectiva del educador en formación, contará con cuatro capítulos. En el capítulo I: *contexto problemático*, la atención se centra en subrayar las distintas situaciones, problemáticas y vivencias que se observaron en el aula de clase de la institución en mención, de esta manera, se llega a proponer un aprendizaje por descubrimiento. Así mismo se plantean los objetivos que acompañaron la investigación junto con los antecedentes que dieron soporte a la misma.

En el capítulo II: *comprendiendo el estado superconductor*, se aborda la naturaleza del estado superconductor mediante la teoría de bandas, dándonos una idea más clara de las bases que fundamentan los diferentes conceptos de los materiales aislantes, semiconductores y conductores, para de esta forma entrar a definir un material superconductor y las características

principales que le permiten tener las propiedades del estado superconductor en términos de resistencia eléctrica nula y diamagnetismo perfecto.

En el capítulo III: *Análisis del estado superconductor en el aula*, se hará la presentación de la ruta de aula, junto con la metodología que se utilizó con los estudiantes que conformaron el semillero de física. Se plantea una estrategia en donde los estudiantes se apropian del experimento; estrategia misma, que surge de una postura de análisis en el ámbito escolar del proyecto educativo del Instituto Técnico Laureano Gómez, el cual se enfoca en “una formación técnica y humana para el desarrollo socioeconómico del país”. La ruta de aula utilizada, junto con las actividades que se plantearon para la presente investigación, obedecen a un interés personal de los estudiantes pioneros del semillero, en donde se llegó a dar explicación de los sucesos ocurridos en cada experimento.

Para terminar, en el capítulo IV las *conclusiones*, se describen las reflexiones y el análisis alrededor del estado superconductor, y como esto permitió en el contexto escolar propiciar un espacio para que los estudiantes compartieran sus ideas.

## **Capítulo 1:**

### **Contexto problemático**

La única persona que esta educada es la que ha aprendido cómo aprender y cambiar. -  
Carl Rogers.

Como docente, es pertinente hablar de cómo son las concepciones de los estudiantes a la hora de adentrarse en el ámbito escolar. Para ello, se definirá el ámbito escolar como una forma de construir un pensamiento crítico en los estudiantes, orientado al desarrollo de actividades de enseñanza que apuntan al análisis y comprensión de un nuevo conocimiento. Dicho significado, obedece los parámetros suscritos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), en donde ponen como principal meta de la educación “la formación de sujetos que asuman su papel como ciudadanos y ciudadanas responsables, en un mundo interdependiente y globalizado, conscientes de su compromiso tanto con ellos mismos como con las comunidades a las que pertenecen.” (MEN, pág. 97)

Decir que el estudiante construye el conocimiento significa que elabora y desarrolla estructuras conceptuales que le permiten comprender y actuar sobre la realidad, a partir de las estructuras que ya posee (Ayala M. M., 2006); lo anterior nos remite a pensar que el sujeto aprende por medio de sus vivencias, vivencias dadas en un contexto sociocultural enmarcado en un mundo moderno. Por consiguiente, debemos pensar en un

mundo cambiante y a su vez, cómo estos cambios tienen que verse reflejados en la clase de ciencias.

Por otro lado, las relaciones dadas en el aula de clase entre el docente y el alumno juegan un papel importante en la construcción del conocimiento. Puesto que el docente tiene como objetivo encontrar nuevas estrategias didácticas, que cumplan con la finalidad de dar respuesta a las vicisitudes dadas en el ámbito escolar, y a su vez, lo llevan a cuestionarse sobre la realidad en la escuela.

En ese orden de ideas, el principal reto de la educación en Colombia es lograr apartar de las aulas de ciencias esa mirada deshumanizante de las mismas. Haciendo que, las explicaciones dadas por el docente, vayan más allá de una estructura cuadriculada de repetición de ecuaciones, reorientando las actividades para su mayor comprensión.

Es por esto que, la principal preocupación en la presente monografía gira en torno al estudio y comprensión del estado superconductor, en aras de acercar a los estudiantes de educación media a un entendimiento de dicho fenómeno por medio de experiencias sensibles que les permitan encontrar una relación entre el mundo de las ciencias y los avances tecnológicos; de esta forma, llegar a consolidar en los jóvenes el hecho de cómo esta relación responde a las necesidades de la sociedad de mejorar sus condiciones de vida.

### **1.1.Planteamiento del problema**

Hablando en el marco de la enseñanza de la ciencia, se ve con frecuencia la separación existente entre la producción del conocimiento científico y los productos resultantes de este, como si no hubiera la más mínima conexión entre el mundo moderno

y la historia de las ciencias; este problema radica en la forma en cómo se orientan las clases de física en educación básica, puesto que, no se le permite al estudiante, ni al docente, hacer nuevas lecturas de los fenómenos a tratar obedeciendo al afán de llenar o ver contenido.

En este sentido vemos reducido la enseñanza de la Física como una actividad de transmisión de saberes, técnicas y procedimientos científicos (Ayala , Romero, & Malagon), dejando entrevisto una serie de vacíos conceptuales, estos vacíos conceptuales y de sentido en los alumnos, son reforzados a su vez, por una serie de metodologías que responden a un modelo en donde los estudiantes se centran en repetir ecuaciones para dar solución matemática a problemas físicos propuestos por el docente en clase.

Acorde con el problema que representa desligar los avances científicos con los avances tecnológicos, se busca plantear nuevos retos de aprendizaje en los alumnos, en pro de fomentar una actividad científica que entre en dialogo con las diferentes prácticas sociales, y, a su vez, reformular el papel del maestro de ciencias en el aula de clase. Todo esto, con el fin de reconocer elementos importantes en la enseñanza de la Física, para fortalecer las distintas estrategias de aprendizaje, y así tener la oportunidad de explorar nuevos eventos o fenómenos en la clase de Física.

En este punto se hace alusión a un tema que requiere todo el interés de parte de los docentes de Física, y es que en el aula de clases, tal como se menciona en el artículo *de la mecánica newtoniana a la actividad de organizar los fenómenos mecánicos*, se enseña la ciencia de forma lineal; bajo esta afirmación se esconden diferentes problemáticas como viene siendo los parámetro estipulados por el Ministerio de

Educación, en los cuales se pretende que los alumnos, en educación media, sigan el mismo proceso de aprendizaje al plantear una serie de estándares curriculares para la educación en ciencia en Colombia<sup>1</sup>; dicho proceso, limita al docente en cuanto a tópicos a enseñar en el aula, poniendo de presente el hecho de no poder enseñar temas más allá de la Física clásica en donde –y bien como lo menciona Moreira (Ostermann & Moreira, 2000)- los estudiantes no tienen contacto con el excitante mundo de la Física actual, dicha situación es inaceptable en un siglo en el cual las ideas revolucionarias han cambiado totalmente la ciencia y con ella el mundo.

Es así que el problema nos lleva a considerar que se entiende por Física y centrar la Física más que en los productos de la actividad misma de producción de estos (Ayala , Romero, & Malagon). De esta forma, consideraremos la Física, y las ciencias como tal, como una práctica social en donde es posible comprender que dicha práctica asume unas connotaciones particulares en los contextos escolares, siempre y cuando se entienda que no se trata de transmitir una ciencia “verdadera” y absoluta, sino asumirla como una práctica humana, fruto del esfuerzo innovador de las personas y sus colectividades.

Dado lo anterior, y con miras a mostrar una cara más humana de la clase Física en el aula, es necesario asumir retos, no solo para el docente sino a su vez para el estudiante, que nos inviten a hacer parte de la construcción de saberes, saberes que se enmarcan en una época moderna en donde las principales preocupaciones de los científicos ya no se centran en el movimiento de los cuerpos, sino por el contrario, apuntan a la creación de

---

<sup>1</sup> Estándares básicos de competencias en ciencias sociales y ciencias naturales del Ministerio de Educación Nacional (MEN) [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)

nuevas teorías y, con ellas, nuevas tecnologías siendo estas últimas por mucho llamativas para las nuevas generaciones.

Es así que tópicos como el estado superconductor resultan pertinentes para llegar a la construcción de estos nuevos conocimientos, tomando como referencia estudios dados a nivel mundial como lo son las investigaciones de Ostermann y Moreira o proyectos como SUPERCOMET<sup>2</sup>, en donde se evidencia la pertinencia y la viabilidad de trabajar tópicos como la superconductividad en la educación media, estableciendo puentes conceptuales entre la Física clásica y la Física moderna.

La pertinencia de este vínculo ha venido siendo reclamada por destacados investigadores en el campo de la enseñanza de la Física, así:

“Es necesario buscar en la Física clásica los prerrequisitos esenciales para que los nuevos tópicos sean comprensibles.” (Ostermann & Moreira, 2000)

En este orden de ideas, se hace comprensible la necesidad de educar a los jóvenes del siglo XXI en tópicos tales como el estado superconductor, puesto que dicho tópico ya se está aplicando ahora en muchos campos diferentes: medicina, ciencias teóricas y experimentales, defensa, transportes, producción de electricidad, electrónica y muchos otros.

Para dar inicio a la investigación, se hace pertinente denotar la importancia de resaltar conceptos centrales de la electrodinámica; conceptos que no se toman muy a fondo, debido a la falta de información que poseen los libros que los docentes toman

---

<sup>2</sup> Esta guía del profesor, los módulos multimedia para la enseñanza de la Física y el seminario para profesores se desarrollaron como parte del Proyecto SUPERCOMET<sup>1</sup> y del Proyecto SUPERCOMET 2 con financiación del Programa Leonardo da Vinci Fase II de la Unión Europea.

como guía, por otro lado, es posible que el lenguaje utilizado en dichos libros, no posea los elementos necesarios para que el estudiante reorganice su estructura conceptual.

Basados en esta problemática, se identifica los tópicos a trabajar en la educación media tradicional colombiana, de esta forma se observa la manera en cómo se imparten los programas, dejando de lado los tópicos que hacen referencia a la Física contemporánea. Es en este punto, donde se hace especial énfasis en optar por nuevas estrategias de aprendizaje que ayuden a la comprensión de dichos temas.

Las ideas que he expuesto hasta este punto, me han llevado a formular la pregunta orientadora de la presente monografía: **¿Cómo introducir a los jóvenes de últimos grados de la Educación Media del colegio Instituto Técnico Laureano Gómez, al estudio de la física moderna por medio de contenidos relacionados con el estado superconductor?**

## **1.2.Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Plantear una ruta de aula para la enseñanza del fenómeno del estado superconductor, que permita involucrar a los estudiantes del colegio Instituto Técnico Laureano Gómez en el estudio y comprensión de fenómenos relacionados con dicho estado.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Aproximar a los estudiantes del colegio Instituto Técnico Laureano Gómez por medio de montajes experimentales en el estudio del estado superconductor.

- Consultar y estudiar diversos materiales que se puedan llevar al aula para la enseñanza del estado superconductor.
- Involucrar a los estudiantes del Instituto Técnico Laureano Gómez en el estudio del estado superconductor mediante fenómenos dados en el electromagnetismo clásico.
- Identificar diferentes aplicaciones del estado superconductor en procesos industriales y el desarrollo tecnológico.

### **1.3.Justificación**

Ante las necesidades del currículo Colombiano, y los objetivos que en él se plantean para la enseñanza en ciencias en la educación media, vemos como claramente se busca fomentar en el estudiante no solo una alfabetización científica sino que a su vez dicho conocimiento sea puesto en práctica en su cotidianidad; lo anterior lo ponen de presente tres competencias básicas del currículo (MEN), las cuales son:

- Explico las fuerzas entre objetos como interacciones debidas a la carga eléctrica.
- Utilizo modelos biológicos, físicos y químicos para explicar la transformación y conservación de la energía
- Identifico aplicaciones de diferentes modelos biológicos, químicos y físicos en procesos industriales y en el desarrollo tecnológico; analizo críticamente las implicaciones de sus usos.

Para lograr los anteriores objetivos, se parte de tres preguntas esenciales en la didáctica de la ciencias como lo son ¿por qué enseñar ciencias?, ¿qué ciencia enseñar? y ¿cómo enseñarla?; Teresa Prieto, Enrique España y Carolina Martín argumentan en su artículo *Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología Sociedad* que la respuesta a dichas preguntas varían dependiendo, tanto del contexto social como el momento histórico en el que se presenten dichos cuestionamientos. (Prieto, España, & Martín, 2012)

Esta afirmación, surge al observar que “la sociedad está cada vez más tecnificada, e inmersa en continuos cambios.” Así mismo vemos como se crea la necesidad de adquirir conocimientos acordes a las tendencias de dicha sociedad; esto nos pone de presente la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad, siendo esta, una rama transdisciplinar que habla sobre los resultados culturales, éticos y políticos del conocimiento científico y la innovación tecnológica.

En la sociedad actual, resulta imprescindible contar con una ciudadanía científica y tecnológicamente alfabetizada por razones de diferente tipo: de carácter económico, político, social, cultural y funcional (Prieto, España, & Martín, 2012), lo anterior nos pone de presente la necesidad que subyace en la educación en ciencias de acercar a los estudiantes a una cultura científica enmarcada en los múltiples cambios en los cuales se ve inmersa la sociedad, en la cual habitan dichos estudiantes y en donde se pretende buscar que los mismos sean agentes activos.

Dicho lo anterior se pretende buscar estrategias que logren acercar al estudiante, no solo a una alfabetización científica, sino que, a su vez, los saberes adquiridos por los

alumnos tengan en él trascendencia; que lo aproximen a esta realidad que nos obliga a tomar decisiones cada vez más relacionadas con la ciencia y sus consecuencias. Es de esta forma que notamos la necesidad de implementar estrategias que creen oportunidades para orientar a los estudiantes a poseer herramientas que los ayuden a tener un primer acercamiento, o a formar bases para un desarrollo social al ser críticos, propositivos e inconformes; siendo estos factores el pilar no solo para un desarrollo científico, sino que del mismo modo hacen parte de las bases para la formación de ciudadanos.

Es por esto que las estrategias a proponer tiene que basarse en la experimentación e indagación constantes, debido a que la única forma de aprender ciencia es haciendo ciencia (Golombek, 2008), De esta forma se requiere que el aula de clases pase de ser el aula en donde el aprendizaje es mera repetición memorística, y se convierta en un laboratorio en el cual se genere conocimiento, puesto que como lo argumenta Diego A. Golombek en su documento *aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa*, “en ciencia, como en otras disciplinas, tal vez estemos dando a los jóvenes respuestas a preguntas que jamás se han hecho, lo cual implica pasar por alto un largo proceso que ineludiblemente debe partir de las propias indagaciones y curiosidad del alumno para luego llegar a construir otro tipo de preguntas en forma secundaria.” (Golombek, 2008)

Esto nos lleva a pensar que la principal tarea del docente es hacer que el alumno se plantee preguntas y que así mismo pueda contestarlas por medio de sus vivencias; tal como lo menciona Ausubel “el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo

que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente” (Judy Carolina Anacona Beltrán, 2011)

Ahora bien, en este documento se plantea como estrategia, la enseñanza de la física contemporánea con temas tales como el estado superconductor y de esta forma aproximar a los estudiantes a construir su propia idea de ciencia, mostrar que la ciencia es esa herramienta que nos permite construir con sentido la realidad a partir de las interacciones con el mundo natural y social. Sin dejar de lado que el fenómeno de la superconductividad, tal y como lo explican Ostermann y Moreira en su investigación sobre física contemporánea en la escuela, encaja bien en el énfasis curricular de CTS, puesto que este tópico permite que los alumnos entiendan los conocimientos científicos en términos de sus aplicaciones tecnológicas y lo utilicen en pleno ejercicio de la ciudadanía. Sin dejar de lado que dicho tópico genera un tipo de aplicaciones que por lo general son motivadoras para los estudiantes.

Además, como ya se había mencionado, la experiencia hace parte importante de la educación, con esto no se quiere restar importancia a formulación de preguntas, el diseño de una experiencia, la imaginación de un modelo o la construcción de un consenso de interpretación de los datos obtenidos, y todo aquello que nos lleva a la elaboración de teorías; solo se quiere argumentar que con tópicos tales como el expuesto en este trabajo, se puede llegar a la realización de experiencias que acercan al estudiante a los fenómenos físicos que dan cuenta del estado superconductor, partiendo de temas normalmente estudiados en la educación media, de esta forma hacer entender a los estudiantes que la ciencia puede cambiar el mundo y no podemos estar ajenos a esas transformaciones.

#### **1.4. Metodología**

La forma más apropiada en cómo se puede establecer una metodología para la presente monografía, hablando del estudio de una población, se da por medio de una metodología cualitativa; esto se debe a que, por medio de dicha metodología, la investigación se centra en dar una descripción de hechos sociales que describan la rutina y las situaciones problemáticas utilizando un proceso interpretativo más personal en pro a entender la realidad. (Olabuénaga, 2012)

Es en este sentido en donde queda claro que la investigación gira en torno a evidenciar, por medio de las vivencias dadas en el aula de clase, una comprensión conceptual del fenómeno y no a dar resultados cuantitativos a los experimentos que tuvieron lugar en el semillero. Es así que el trabajo en el aula de clases tiene como eje principal enfrentar a los estudiantes a una serie de preguntas, formuladas por los mismos, a partir de una serie de vivencias y acercamiento a los distintos laboratorios. Es por ello que se le otorga, en el aula de clases, un papel principal al alumno, siendo este el constructor de su propio conocimiento, relacionando los conceptos a aprender y dándoles un sentido a partir de la estructura conceptual que ya posee.

Por consiguiente, la metodología de corte cualitativo fue utilizada con el propósito de realizar un análisis por medio de la observación al enfrentar a los estudiantes a un fenómeno tal como lo es el estado superconductor, en donde se describió lo que sucedía en el espacio escolar en cuanto al desarrollo de actividades que se presentaron en relación con el estado superconductor y de qué manera se fue recogiendo la información.

Para tal propósito, se plantean el uso de herramientas digitales tales como, videos en donde los estudiantes hacen las distintas explicaciones de los fenómenos observados, la plataforma del proyecto SUPERCOMET (<http://online.supercomet.no>) y, por último, diarios de campo de cada estudiante, que evidencian un aprendizaje significativo en torno al fenómeno del estado superconductor.

En este sentido, se examina las herramientas de las cuales se hará uso para el desarrollo de las actividades, y así mismo se elaboraron otro tipo de herramientas con el objetivo de obtener reflexiones más concretas de parte de los estudiantes a la hora de exponer cada montaje experimental.

### **1.5. Antecedentes**

En aras de entrar en dialogo con las investigaciones previas a esta monografía, y reconocer tanto el trabajo como las inquietudes que dieron origen a sus investigaciones que permiten una enseñanza de las ciencias que resulta más significativa y pertinente al involucrar a los estudiantes en la comprensión de la cultura científica, se hace la recopilación de diversos estudios que tratan del problema que suscita la enseñanza de temas contemporáneos de la Física en la educación media. A continuación, hago una breve descripción de los trabajos más representativos para esta monografía:

Michela Braida, Marisa Michelini, (2008) *Introduzione alla Superconduttività*. Este artículo, parte de una investigación dada en la UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI UDINE en Italia (Braida & Michelini, 2008); el cual muestra una serie de características propias en la enseñanza de la superconductividad en la educación media, en búsqueda de dar a los jóvenes bases claras, para el estudio de fenómenos cuánticos. El documento es

pertinente para la presente monografía, puesto que la metodología allí usada, se basa en un aprendizaje constructivista al acercar el fenómeno al sujeto, del mismo modo, este material es usado en la herramienta Supercomet avalada en Europa por el crédito Leonardo da Vinci, en donde se muestra una serie de herramientas informáticas y de uso de los estudiantes. La investigación realizada por estas dos profesionales de la educación muestra excelentes resultados con el proyecto MOSEM.

Por otro lado, cabe resaltar la importancia que esta investigación le otorga al uso de las tics, como herramienta de aprendizaje, dado que, dejando de lado las experiencias sensibles que allí se describen, se resalta el uso de distintos software que aproximan a los estudiantes a tener una mirada más clara y más certera de aquellos sucesos que tienen origen, y por consiguiente, sentido en una escala imperceptible para el ser humano. Por este motivo, el trabajo realizado, da una evidencia clara de una educación en ciencias basada, no solamente, en un aprendizaje centrado en experiencia, sino que, a su vez, resalta la importancia de tecnologías en la comprensión de fenómenos dados en el laboratorio.

Fernanda Ostermann, Marco Antonio Moreira (2000) *Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores*. Este trabajo, obedece a la investigación dada por los profesores, aquí mencionados, en Brasil, en el cual se muestra los resultados arrojados al introducir tópicos de la física contemporánea, en el aula de la educación media; de esta forma muestra también la investigación, las bases mínimas que debe tener el docente para llegar a la explicación de temas como el de la superconductividad.

En este escrito, se evidencia la preocupación de los autores de evidenciar un aprendizaje basado netamente en la experiencia, dando un papel protagónico a tópicos más allá de la física clásica, mostrando en todo momento la importancia que tiene el otorgar a los estudiantes de educación media, de unos saberes propios de la física moderna, esto nos conlleva a educar a los jóvenes en una alfabetización científica propia del mundo que les rodea y del cual hacen parte activa en su diario vivir. Es así que la preocupación de los autores resalta en ver la educación en ciencias desde una perspectiva contemporánea que nos deja de presente la idea de dar importancia al plantearnos una reestructuración curricular en términos de los múltiples avances que ha tenido la ciencias en este último siglo.

SUPERCOMET (2006) *Guía para el profesor: Superconductivity Multimedia Educational Tool, fase 2*. Esta guía, al ser de acceso libre, no solo me brinda unas bases necesarias para el desarrollo de experimentos en el aula, sino que también me permite hacer uso de su software interactivo para observar por medio de él y con mayor precisión cada uno de los fenómenos a tratar. Por otro lado, al ser financiado por el programa Leonardo da Vinci Fase II de la Unión Europea se puede hacer uso del foro con maestros de distintas partes del mundo quienes seguían por la misma necesidad de enseñar superconductividad en la educación media.

En este sentido el trabajo resulta interesante, puesto evidenciamos el proceso por el cual se da un aprendizaje significativo, recalcando el uso de las tics e impulsando, al docente junto con sus estudiantes, a ser propositivos en el aula de ciencias, dando a entender diversas formas no solo de enseñar sino de aprender.

Judy Anacona Beltrán & Yessica Acosta Urian, (2011). *Introducción de la superconductividad en los estados de la materia para la educación media*. En este artículo se realiza un trabajo práctico que relaciona el fenómeno con experiencias cotidianas de forma didáctica que permite evidenciar una relación activa entre maestro y estudiante para llegar a la entender los múltiples campos de acción en donde se evidencia el fenómeno.

Lo anterior da una idea clara y precisa de las distintas formas en cómo se da el aprendizaje en la educación básica y media, suscitando a su vez una serie de actividades y procesos propios de la didáctica en las ciencias, que no solo enfrenta a los estudiantes, de educación media, a una realidad científica sino que a su vez propone una invitación al estudiante a transformar su realidad.

Tabla 1. *Ideas centrales de los trabajos investigados*

<b>Autor</b>	<b>Idea central</b>
Braida & Michelini (2008)	Considera el uso de las tics en la elaboración de una ruta de aula, capaz de acercar a los estudiantes a una idea más clara de fenómenos contemporáneos como la superconductividad; propone, dentro de la ruta de aula, el aprendizaje por medio de la experiencia sensible de los estudiantes al desarrollar una serie de experiencias y laboratorios motivadores para los estudiantes. De esta forma le otorga el papel protagónico, a los estudiantes, en el desarrollo de su aprendizaje.
Ostermann & Moreira (2000)	El trabajo se basa en las distintas formas de mejorar la educación en ciencias en un país como Brasil, mostrando la necesidad de buscar un replanteamiento curricular, al ser menester una alfabetización científica capaz de brindar bases solidas a los estudiantes del siglo XXI. Para ello da prioridad al papel que juega el maestro en el aula y como este personaje termina siendo crucial en dicha alfabetización, al elaborar puentes y conexiones entre la Física clásica y la Física moderna con tópicos tales como la superconductividad

---

SUPERCOMET (2006)	La herramienta supercomet, siendo un proyecto dado para la unión europea, busca por medio del uso de las tics otorgar bases a los docentes para llevar la superconductividad al aula, esta herramienta proporciona una serie de actividades y temáticas que conducen a entender, más a fondo, el paso a paso para llegar a hablar del estado superconductor; para ello propone y explica una serie de temáticas, que con ayuda de la plataforma interactiva, busca una comprensión más amplia del fenómeno.
Anacona & Acosta (2011)	Esta investigación nos invita a entender las distintas formas en cómo se da un aprendizaje significativo en el aula, de esta forma plantea diversas actividades que llevan a tratar el fenómeno como una transformación de la realidad física, en ámbitos cotidianos.

## **Capítulo II:**

### **Comprensión del estado superconductor**

Hasta el momento hemos visto la importancia que tiene una alfabetización científica en las sociedades modernas y como por medio de este tipo de alfabetización se crean individuos capaces de, no solo, alterar su realidad sino también ser parte importante de los desarrollos sociales que los rodean.

Es por ello que, en aras de desarrollar el concepto del estado superconductor en la población a trabajar, se ve la necesidad de abordar teorías que conllevaron a la consolidación dicho fenómeno. En estos términos se hace uso de las bases primordiales del electromagnetismo; cuando se hace referencia a las “bases del electromagnetismo” hablamos exclusivamente de tres conceptos claves, los cuales son: conducción eléctrica, inducción electromagnética y magnetismo. (Soto, 2009)

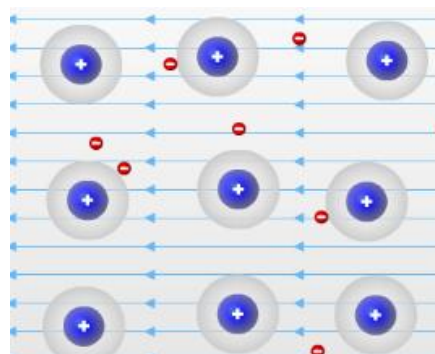
En este sentido se abordan estudios en la física clásica, los cuales soportaron el descubrimiento de la aplicación de los campos eléctricos y magnéticos en diversos materiales conocidos como: conductores, semiconductores y aislantes. (Arrayas & Trueba, 2007)

Estos materiales, al interactuar en conjunto con los campos eléctricos y magnéticos conllevaron al descubrimiento del electromagnetismo, evidenciado en una sinergia entre la variación en la corriente eléctrica y la generación instantánea de un campo magnético. Debido, a la aplicación de una diferencia de potencial en un material causando un desplazamiento y/o flujo de partículas cargadas (electrones o iones), este

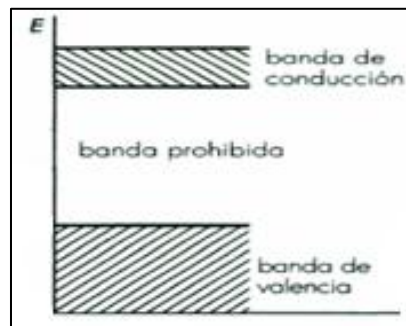
flujo es manifestado como una corriente eléctrica y se conoce como conductividad. (Guayasamin, 2010)

El fenómeno dado por aquella diferencia de potencial (conductividad), presenta ciertas variaciones en función de los materiales que son sometidos a una perturbación como: la corriente. En razón a que, las características físico-químicas del material permiten u obstruyen el flujo de los electrones. La característica primordial se describe en términos del estado de la materia en los materiales, los cuales presentan estado sólido cristalino resultante del enlace de los átomos que lo componen. (Viñas & Mancini, 2002)

Una de las características que permiten explicar dicho comportamiento se deriva de la distribución electrónica en el estado de agregación de la materia denominado como sólido, en el que los electrones se encuentran distribuidos entre su estructura cristalina (Fig N°1); presentando una alta unión y organización de los átomos en este estado permitiendo expresar la distribución electrónica como una banda de energía, dicha expresión se conoce como teoría de bandas (Fig N°2); (Kittel, 1997) en relación al fenómeno denominado conductividad este es explicado por dicho modelo, resultante de la energía necesaria para perturbar el sistema electrónico presente en la estructura cristalina y generar flujo de electrones.



*Fig N° 1 Estado sólido cristalino (-) electrones; (+) núcleos atómicos.*



*Fig N° 2 Teoría de bandas: La teoría de bandas describe sus propiedades eléctricas, en función de la cantidad de energía necesaria para pasar los electrones desde la banda de valencia (parte donde se encuentran organizados y distribuidos los electrones en la estructura sólida), a la banda de conducción (espacio disponible al cual llegan los electrones libres en la banda de valencia al aplicar la suficiente diferencia de potencial), en dicho proceso, los electrones deben pasar por un espacio energético entre dichas bandas llamada banda prohibida. (Collieu & Powney, 1977)*

Como se observa en la Fig N°3, la banda prohibida determina la diferencia de energía requerida por cada uno de los materiales para permitir el flujo de electrones de la banda de valencia a la banda de conducción para generar corriente, es en este sentido se hace referencia a los distintos tipos de materiales: conductores, semiconductores y aislantes

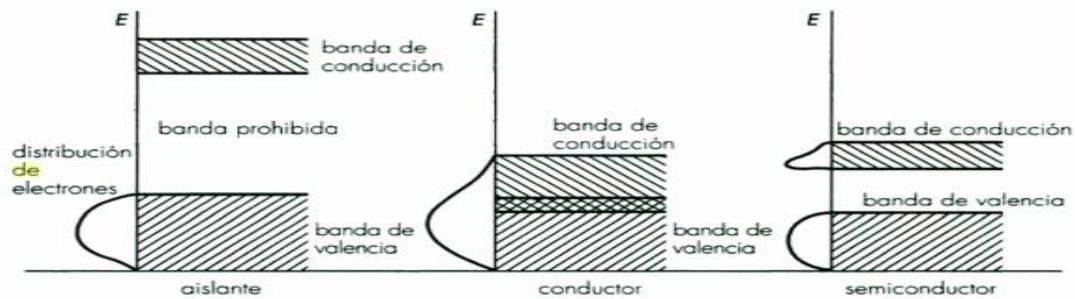


Fig N°3 Modelo de bandas de energía (a) aislante, (b) conductor, (c) semiconductor.

(Cortes, 2000)

En relación a lo anterior, la principal propiedad que le otorga la naturaleza física a los materiales, es determinada por la conductividad y modelada por la teoría de bandas, en términos del potencial ( $\Delta E$ ) dispuesto en los diversos materiales se proporcionan las siguientes definiciones:

**1. Aislantes:** Materiales caracterizados por proveer una alta resistencia al flujo electrónico, en razón a que es necesario aplicar mucha energía, aproximadamente  $10^{-18}$  J (Fig N°3(a)) para propiciar el flujo electrónico desde la banda de valencia donde se encuentran los electrones a la banda de conducción y así generar corriente. (Colliey & Powney, 1977)

**2. Semiconductores:** Son materiales caracterizados por comportarse como aislantes y conductores según la energía (potencial) que se le disponga en su estructura, presentando energías de excitación electrónica para promoción de flujo electrónico y generación de corriente equivalente a  $1,7 \times 10^{-19}$  J (Fig N°3 (b)); evidenciando que requieren aplicación de energía menor a la de los aislantes, y por lo tanto presentando menor resistencia al flujo de electrones con la aplicación de la suficiente energía.

**3. Conductores:** Este tipo de materiales se caracterizan por presentar una energía requerida para la excitación de los electrones muy reducida, por lo tanto, según la teoría de bandas, el modelo describe un solapamiento entre la banda de valencia y la banda conducción. (Fig N°3(c)). Por tanto, se han determinado dichas características, pero en función a una energía que se opone al flujo de corriente u/o electrones, aún en los materiales conductores que al estar completamente solapadas las bandas y otorgarle la capacidad de flujo electrónico, es tan alta, y desordenada que imprime una transformación de energía cinética a energía calórica, efecto conocido como efecto Joule, (Brophy, 1979) perdiendo de esta manera su propiedad energética.

Es por ello que se han llevado a cabo estudios en pro de encontrar materiales ideales que no poseen pérdidas energéticas y por lo tanto su propiedad conductora ocurra sin resistencia al flujo electrónico como lo es en el caso de los materiales que presentan el estado *superconductor*.

Los materiales que presentan un estado superconductor son materiales que a diferencia de los aislantes y semiconductores no presentan ningún tipo de resistencia al flujo de corriente y/o electrones, del mismo modo, a diferencia de los conductores, los materiales que poseen un estado superconductor, no describen ningún tipo de pérdida energética. (Kaku & Callan, 2011) Esto debido a un cambio de estado en función de su temperatura; puesto que por acción de una diferencia de temperatura (calor o frío), los materiales pasan a otra condición diferente a la inicial en la que se encuentra, por ejemplo, a temperatura ambiente. (Kragh, 2007)

De esta forma se precisa el estado superconductor como el estado en el que los materiales (elementos químicos, aleaciones, cerámicos, etc.) presentan cambios en sus propiedades debido a temperaturas muy bajas, resistencia eléctrica nula y un diamagnetismo perfecto<sup>3</sup>. Este cambio de temperatura en términos del estado superconductor se encuentra por debajo de una temperatura que hace de frontera, con las condiciones normales como la temperatura ambiente y resistencia eléctrica en el que se encuentra el material, y por ello se denomina temperatura crítica ( $T_c$ ). (Quintana & Aguilar, 2007)

<i>Sustancias</i>	<i>Temperatura crítica (K)</i>
W (wolframio)	~ 0.01
Ir (iridio)	0.014
Ti (titanio)	0.39
Ru (rutenio)	0.49
Zr (zirconio)	0.55
Cd (cadmio)	0.56
Os (osmio)	0.66
U (uranio)	0.68
Zn (zinc)	0.88
Mo (molibdeno)	0.92
Ga (galio)	1.09
Al (aluminio)	1.19
Th (torio)	1.37
Re (renio)	1.70
In (indio)	3.40
Sn (estaño)	3.72
Hg (mercurio)	4.15
Ta (tantalio)	4.48
V (vanadio)	5.30
La (lantano)	5.91
Pb (plomo)	7.19
Tc (tecnecio)	8.20
Nb (niobio)	9.46
C (carbono)	15.00

Tabla N°2 Temperaturas críticas elementos atómicos. (Magaña, 2013)

En términos generales, al hablar de una temperatura crítica ( $T_c$ ) en el estado superconductor, se hace referencia de temperaturas por debajo de (4 K) en 30 elementos atómicos (Tabla N°2) y compuestos cerámicos con estructura y fórmula química del tipo  $La_{2-x}B_xCuO$  de estructura cristalina, (Shriver, Atkins, & Langford, 2004) los cuales al

---

<sup>3</sup> Expulsión total del campo magnético

encontrarse en esta temperatura frontera presentan las siguientes propiedades electromagnéticas. Tabla N°2

### 2.1 Resistencia eléctrica nula:

Propiedad originada por la disminución de temperatura ambiente por debajo de la temperatura crítica ( $T_c$ ), la cual, genera que la vibración de los núcleos atómicos que

conforman las redes cristalinas en los materiales con estado superconductor se debiliten hasta anularse (Fig N°4); esta nulidad de

movimiento nuclear permite que la perturbación eléctrica necesaria para el flujo

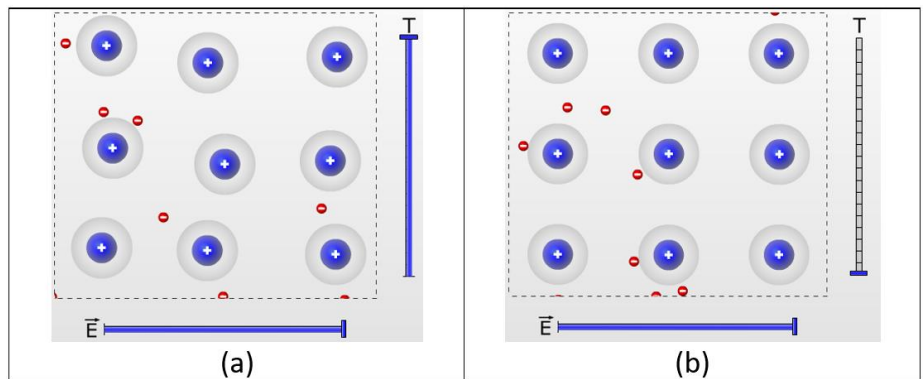
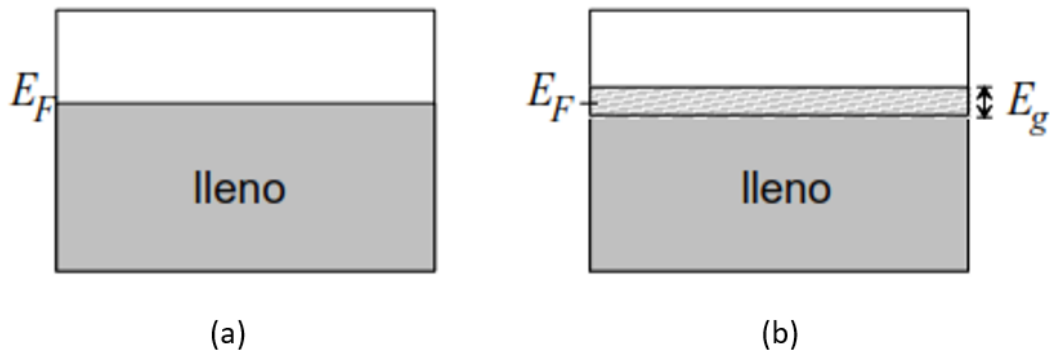


Fig N°4. Efecto de disminución de temperatura en la red cristalina de los materiales que presentan estado superconductor (a) Temperatura ambiente (b) Temperatura crítica ( $T_c$ )

Tomado de: <http://online.supercomet.no/>

electrónico pase de ser a temperatura ambiente aproximadamente de 10-10J a ser mínima, es decir, un potencial eléctrico débil ( $\Delta E$ ) comportándose como un conductor ideal; según el modelo de bandas: bandas totalmente solapadas (Fig N°5). En consecuencia, ocurra un flujo de electrones a través de la red cristalina de manera más rápida, organizada y con un rozamiento de oposición al movimiento electrónico despreciable, así pues, sin presencia de efecto Joule.



*Fig N° 5 Modelo de bandas estado superconductor (a) Temperatura crítica; (b) Temperatura ambiente*

El orden en el flujo de electrones se debe al efecto “par de Cooper”, descrito por la teoría propuesta por BCS<sup>4</sup>, (Kragh, 2007) la cual hace referencia a la interacción entre los electrones con los núcleos atómicos de carga positiva que conforman la red cristalina. De tal manera que, al fluir un solo electrón a través de la red, los núcleos se ven atraídos hacia él, generando una densidad de carga positiva que a su vez atrae a cargas totalmente opuestas, es decir, a otros electrones a una velocidad de flujo correspondiente a  $10^{-6}$  m/s y una distancia de paso entre uno y otro electrón por la red corresponde a  $1000\text{\AA}$ , permitiendo establecer la analogía de atracción entre dos electrones moviéndose como pareja (Fig N°6) por el mismo espacio a altas velocidades. (Atkins & Paula, 2006)

---

<sup>4</sup> Teoría BCS: Teoría explicativa de la interacción por el movimiento electrónico a través de una red cristalina de materiales superconductores propuesta por: John Bardeen, Leon Cooper y Robert Schrieffer en 1957.

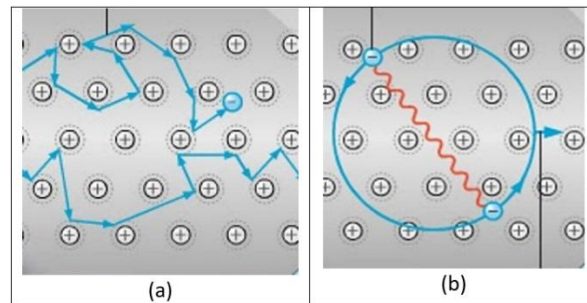


Fig N°6. Trayectoria de flujo de electrones en un material (a) conductor (b) superconductor: interacción atractiva “par Cooper” (rojo) y dirección avance (azul). (Raman, 2015)

## 2.2 Diamagnetismo perfecto.

Es en este punto en donde cabe aclarar que el hecho que un material presente resistencia cero al paso de la corriente, no lo hace un superconductor, solo lo hace un conductor perfecto, y un conductor perfecto no necesariamente es un superconductor. La diferencia radica en la aparición del efecto Meissner<sup>5</sup>, puesto que, tal efecto sugiere que el diamagnetismo perfecto es una propiedad esencial del estado superconductor.

Tal efecto es el resultado de bajar las temperaturas del material superconductor, por debajo de su temperatura crítica, en presencia de un campo magnético externo constante y, debido a las corrientes superconductoras (explicadas anteriormente en la resistencia eléctrica nula), que inciden en la superficie del superconductor producen un segundo campo magnético que compensa el campo aplicado (Tipler & Mosca, 2005). Esta anulación del campo magnético dentro del material producirá la levitación del mismo y será explicada, desde la Física clásica, por medio de la ley de Lenz.

---

<sup>5</sup> El efecto Meissner, fue descubierto en 1933 por los físicos: Walter Meissner y Robert Ochsenfel. Tal efecto explica la desaparición de las líneas de campo dentro del material superconductor en presencia de un campo magnético externo

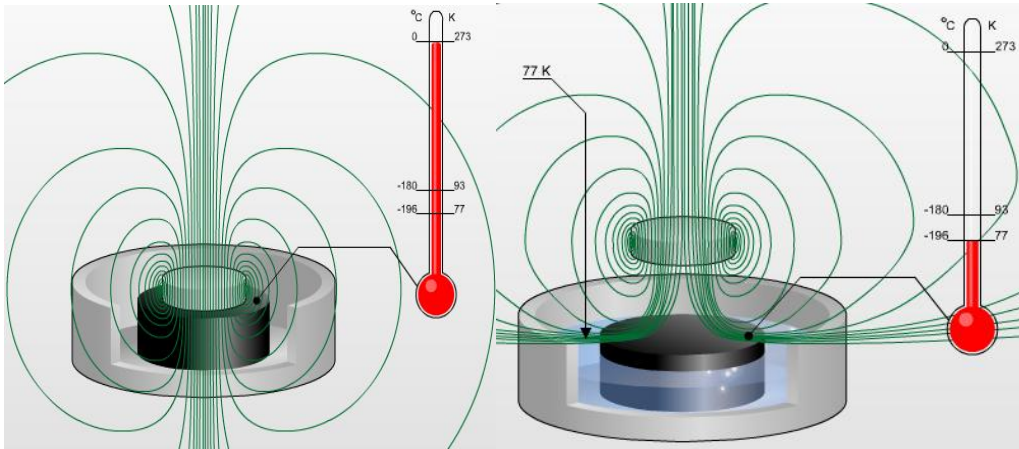


Fig N°7. Líneas de campo en un material superconductor en presencia de un campo magnético externo a) a temperatura ambiente b) por debajo de su temperatura crítica

Imagen tomada de [online.supercomet.no](http://online.supercomet.no)

Es así que al hablar del efecto Meissner, hablamos de un diamagnetismo como un material superconductor posee la propiedades de expulsar por completo el campo magnético de su interior, este fenómeno se debe a que, según se explica en la ley de Lenz, cuando cambia el flujo que atraviesa un circuito eléctrico, se induce una corriente en un sentido tal que se opone al cambio de flujo (Charles, 2003) o en palabras más simples “la fuerza electromotriz inducida se opone siempre a la causa que la origina”

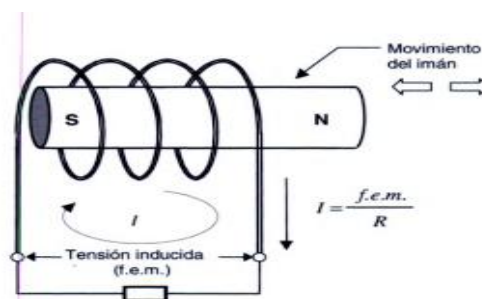


Fig N°8. Montaje para experimentar las fuerzas de oposición al movimiento del imán, como efecto de la ley de Lenz. (Donate, 1999)

### **Capítulo III:**

#### **Análisis del estado superconductor en el aula**

A continuación, se hará la descripción de la implementación en el aula, con el fin de observar la forma en como los estudiantes pertenecientes al semillero de Física, del colegio Instituto Técnico Laureano Gómez, organizan su experiencia, para hablar de los fenómenos electromagnéticos, y cómo a partir de dicha experiencia se generan diferentes propuestas experimentales que giran en torno al tema del estado superconductor. Para ello, se partirá de una serie de análisis hechos por los estudiantes al enfrentarse con los fenómenos experimentales sin bases teóricas lo suficientemente fuertes.

Del mismo modo, y con el fin de no entrar en la repetición memorística de ecuaciones, el docente en formación no hizo uso de ningún tratamiento matemático debido a que la intención de la investigación radica más en una comprensión del fenómeno a través de sus vivencias y no, en una explicación del fenómeno por medio de la rigurosidad y exactitud de los tratamientos matemáticos.

#### **3.1.Descripción de la población**

El colegio Instituto Técnico Laureano Gómez, se encuentra ubicado en la localidad 10 – Engativá, fue fundado en 1989 en respuesta a la emergencia educativa de 1988, con el objetivo de satisfacer las necesidades educativas del barrio Bachué. Esta institución cuenta con los niveles de educación preescolar, básica primaria, básica secundaria y ofrece educación técnica, bajo las modalidades de: diseño técnico, mecánica industrial y electricidad y electrónica.

En la institución predomina una población de estratos 2 y 3. El PEI responde a un modelo de enseñanza – aprendizaje enfocado en una educación técnica y humana. Debido a esto, la institución cuenta con aulas especializadas en cada uno de los enfoques técnicos, abaladas por el SENA, en donde los estudiantes a partir del grado sexto, cuentan con una educación técnica en contra jornada.

Para la realización de la ruta de aula, y junto con la colaboración de la profesora de Física y algunos administrativos de la institución (quienes mostraron en todo momento una buena disposición frente a la investigación realizada), se convocó a todos aquellos estudiantes que destacaban académicamente. Para un total de treinta estudiantes convocados, debido a distintas circunstancias de carácter personal de los estudiantes, se consolida un grupo de seis estudiantes entre grados décimo y once con un rango de edades entre los 15 y 17 años.

La investigación tiene lugar en el laboratorio de química, en donde los estudiantes se muestran receptivos al tema a tratar y conforman grupos para el estudio de cada uno de los tópicos que se desarrollaron a lo largo del semillero. Así mismo, muestran compromiso con el semillero y con sus compañeros.

### **3.2. Construcción de la ruta de aula**

La presente monografía se realiza por mi interés de indagar sobre las distintas formas en que el estudiante crea conocimiento a través de su experiencia; en este sentido, justifico la puesta en marcha de la investigación en este colegio por su carácter técnico. Del mismo modo, se busca que los alumnos tengan cercanía con el fenómeno, puesto que como lo menciona Golombek “la única forma de aprender ciencia es haciendo ciencia,

puesto que la actividad científica viene dada en ámbito activo de generación de conocimiento, alejado de la mera repetición firulística y basado en la experimentación e indagación constante.” (Golombek, 2008)

La ruta de aula constó de una intervención grupal y cinco tópicos motivadores. Estos tópicos, hacen referencia a una serie de experiencias a realizar en el laboratorio que muestran de forma experimental las bases necesarias para hablar del estado superconductor; en este caso, los tópicos, giran en torno a: conducción eléctrica, inducción electromagnética y magnetismo de los cuales, los estudiantes tendrán la libertad de elegir entre los cinco tópicos, y por sugerencia del profesor Camilo Martinez, cada tópico se explicará por medio de un montaje experimental propuesto por el alumno o el grupo que hubiera escogido dicho tópico, por medio de una pequeña exposición del estudiante o grupo de estudiantes se mostraran, cada dos cesiones, las observaciones y descubrimientos que se hayan hecho al reproducir la experiencia.

A continuación, se muestra en la tabla N°3 los tópicos sugeridos, los tópicos trabajados y el objetivo de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que dichos tópicos buscaban, no solo ser motivadores para los estudiantes, sino que, a su vez, generaran un acercamiento del estudiante al fenómeno basándose en sus gustos, sus experiencias y capacidad de trabajar en grupo, y de esta forma afianzar sus conocimientos en ciencias al otorgarles un papel protagónico en el laboratorio.

Cabe aclarar que los estudiantes pertenecientes al semillero tuvieron la libertad no solo de escoger su equipo de trabajo, sino que a su vez trabajaban en el tópico o tópicos motivadores propuestos en la tabla N°3, los cuales también eran de libre elección. Un

poco más adelante en la lectura, mostraré los objetivos de cada uno de sus tópicos y cómo fueron trabajados por los estudiantes.

*Tabla 3.* Tópicos de la investigación. (Fuente: elaboración propia)

<i>Tópicos</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Estudiantes</i>	<i>Montajes experimentales</i>
Charla introductoria y pre test <sup>6</sup>	Reconocer los saberes previos del estudiante y la forma en como él maneja dichos saberes	Se hace la reunión con los seis estudiantes	Pre test utilizado en la investigación Introduzione alla Superconduttività (anexo 1)
Fuerzas invisibles	Distinguir las líneas de flujo magnético de los imanes y electroimanes.	Ninguno	Ninguno
Batalla entre fuerzas	Explicar por medio de distintos montajes las interacciones dadas entre la fuerza de Lorenz y otros materiales bajo la acción de la gravedad	Estudiante #1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levitación de un monopolo en un tubo bajo la fuerza magnética</li> <li>• Líneas de fuerza de un imán utilizando alfileres</li> <li>• Levitron</li> </ul>
Generando campos	Demostrar por medio de un montaje experimental la ley de Lenz.	Estudiante #2 Estudiante #3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinamo</li> <li>• Electroimán</li> <li>• Tren magnético</li> </ul>
Bajemos la temperatura	Identificar los cambios en los campos magnéticos y eléctricos en función de su temperatura.	Estudiante #4 Estudiante #5 Estudiante #6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrolisis</li> <li>• Péndulo de Curie</li> <li>• Bobina de tesla y Anillos de Thomson</li> </ul>

<sup>6</sup> La charla introductoria y el pre test, son de carácter obligatorio para el semillero, con esto se busca dar a conocer la metodología de trabajo y dar una imagen del panorama en cuanto a los conocimientos previos del estudiante.

---

Hora de cambiar al mundo	Elaborar, con lo aprendido en el semillero, el prototipo de una idea que dé solución a una problemática del colegio.	Por petición de los estudiantes que conforman el semillero, esta actividad estará a cargo de todo el grupo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tren superconductor, recolector de basura</li> </ul>
--------------------------	--	--	---

---

### 3.3. Implementación y sistematización

A continuación, se hace la descripción de los resultados arrojados por la investigación, con el objetivo de reconocer las asociaciones conceptuales que realizan los estudiantes, referentes al tema del estado superconductor en relación con los tópicos presentados, en el ámbito escolar. Del mismo modo en los anexos se adjunta la documentación fotográfica de la ruta de aula.

Parte importante de la investigación es analizar los conocimientos previos de los estudiantes, el dominio que tienen del tema y las asociaciones realizadas por los mismos entre el electromagnetismo y el estado superconductor. Esto con el fin de poder identificar las distintas formas en como el estudiante aprende por medio de la realización de experimentos. En palabras de la profesora María Mercedes Ayala “decir que el estudiante construye el conocimiento significa que elabora y desarrolla estructuras conceptuales que le permiten comprender y actuar sobre la realidad, a partir de las estructuras que ya posee” (Ayala M. M., 2006)

Esto permite al docente en formación elaborar una ruta de aula para cada grupo, que les planteen retos y les generen preguntas, con el fin de otorgarle el papel protagónico al estudiante, permitiéndole construir, junto al docente, su conocimiento.

En este punto de la monografía, cabe recalcar que la metodología, aquí utilizada, responde a las dinámicas dadas en la institución, los espacios acordados con los estudiantes y la carga académica de los mismos, aclarando que se trata de un colegio técnico. Sin mencionar distintos factores (como lo fueron jornadas culturales propias de la institución, factores externos como el paro de maestros y problemas internos como lo fue un paro indefinido por parte de los estudiantes ante una renovación estructural de la institución), que, a lo largo de la investigación, impidieron el desarrollo de la misma.

### **3.3.1. Batalla entre fuerzas**

El objetivo de este tópico consistía en que el estudiante lograra, con la ayuda del maestro en formación, explicar cómo se dan y por qué se dan las diferentes interacciones entre las líneas de flujo de los imanes con otros materiales.

En un primer momento con el estudiante, se aborda el problema de la interacciones magnéticas, de esta forma el docente plantea la pregunta; ¿Qué hace que exista repulsión entre polos iguales de dos imanes? Seguido a esto el estudiante da una explicación basándose en una anécdota, hace referencia que cuando se oponen los lados rojos (Norte) de un par de imanes juntos, se crea una <<fuerza>> que empuja a los imanes uno del otro; caso contrario, cuando se junta la punta azul (Sur) con la punta roja (Norte) de otro imán, dicha <<fuerza>> pareciera, en esta ocasión, empujar a los imanes uno hacia otro. La razón de dicha fuerza, decía el estudiante, se debía a que los imanes expulsaban una especie de líneas como en los dibujos animados, esto hacia que los metales fueran atraídos hacia él.

De esta plática el docente plantea la pregunta ¿Qué pasaría si separara la parte azul de la roja? ¿Cambiarían en algo las <<fuerzas>> del imán dividido?

Al ver que el estudiante no logra dar respuesta a estos cuestionamientos, el docente plantea, haciendo uso de dos imanes del laboratorio, un pequeño experimento para ver qué sucede si, imprimiéndole fuerza, con los dedos, a un par de imanes en forma de moneda y logramos juntar ambos polos Norte de los imanes ¿Qué pasa si dejamos de imprimirle fuerza al imán (quitar el dedo)? Al hacer esto el imán que está arriba se impulsa y da pequeño giro en el aire y cae de nuevo pero esta vez con el polo Sur apuntando hacia apuntando al polo norte del imán.

¿Si lográramos cortar el imán en forma de moneda, justo por la mitad, y obtuviéramos dos pequeñas monedas, las monedas resultantes serían polo Sur y polo Norte respectivamente? Si así fuera, sonaría lógico que al hacer el experimento planteado anteriormente, con <<la moneda Norte>> dicha moneda quedaría dando vueltas infinitamente sobre el otro imán, puesto que no caería dado que siempre sería repelido.

En este proceso, el estudiante plantea lo siguiente: “si, se cortan cierta cantidad de imanes por la mitad, y se hace una bola con los lados Norte de todos los imanes se podría poner en un tubo que de tapas tuviera dos imanes con el lado Norte apuntando hacia la esfera, entonces, la esfera, nunca pararía de subir y bajar” así, el estudiante llega a la elaboración de los experimentos, que consideró pertinentes, para llegar a dar una explicación clara del fenómeno en aras de compartir con sus compañeros las explicaciones construidas por él mismo, y de esta forma entrar en debate con sus compañeros en el semillero.

A continuación, se presentará una tabla que muestra el proceso seguido por el estudiante #1, en la cual se expone de forma fidedigna, la explicación en video dada por el estudiante de cada uno de sus experimentos. Del mismo modo, se presentan una serie de observaciones que darán cuenta del proceso del estudiante.

Tabla 4. *Montajes experimentales: Batalla entre fuerzas (fuente: elaboración propia)*

<b>Esfera que levita</b>	
<i>Explicación estudiante N°1</i>	<i>Observaciones</i>
<p>“queríamos hacer levitar una pequeña volita llena de imanes con el lado positivo. esta bolita estaba dentro de un tubo de acetato y abajo había un imán cerámico, también con el lado positivo; entonces cuando la bolita callera en el tubo, empezaría a levitar, pero al hacer esto, los imanes buscaban su lado opuesto para unirse, entonces la pelotica en sí, no levitaba”</p>	<p>Este fallo, da la oportunidad para explicarle al estudiante la forma en cómo funciona las líneas que él denomina &lt;&lt;líneas de fuerza&gt;&gt;. Darle a entender, con ayuda de la plataforma, que dichas líneas, se les conoce como líneas de flujo y son como lazos cerrados que van de Sur a Norte, también se explica que siempre se cerrara el ciclo, por lo que si divido un imán en dos, obtendré dos imanes con polos Norte y Sur y no uno de cada uno.</p> <p>Esta situación nos lleva a hacer otro experimento rápido con un imán y limadura de hierro; puse un poco de limadura sobre una mesa del salón y el imán justo debajo de la mesa donde se encontraba la limadura, y vimos cómo se alteraba la limadura de hierro divisando dicho flujo; acto seguido repetimos el experimento pero ahora no sobre algo tan grueso, como lo es la mesa, ahora se realizó pero esta vez los separaba una hoja de papel y observamos con mayor claridad las líneas de flujo.</p> <p>Haciendo uso de sus conocimientos en diseño arquitectónico le pregunto ¿Cómo se verían esas líneas en tres dimensiones?</p> <p>Se propone resolverlo en forma de maqueta.</p>
<b>Líneas de flujo de un imán con alfileres</b>	
<p>“estaba preguntándole al profesor de electricidad y me decía que en un imán de</p>	<p>Al buscar solución al cuestionamiento anterior, el estudiante busca respuesta por medio de un</p>

<p>rosquilla las líneas se verían haciendo un semiaro como abrazando el imán, así que los alfileres representan, las líneas y más o menos así se verían las líneas alrededor del imán”</p>	<p>montaje experimental propuesto por uno de sus profesores de técnicas, este consiste en construir con palos de balsa una estructura cubica y justo en medio de dicha estructura situar un imán, amarrada a la estructura se situaron una serie de alfileres que eran atraídos de todas las direcciones hacia el imán</p>
<p><b>Levitación de un Solenoide</b></p>	
<p>“una bobina (solenoides), cuando se conecta a una fuente de energía, genera un campo magnético.</p> <p>La conecté a una fuente de energía mayor y pues, la bobina (solenoides) se quemó, también la conecté a una pila de nueve voltios y se alcanzó a mover un poquito. Después [...] le dimos veintiséis vueltas, y la conecté a una fuente de energía de doce voltios y la bobina se levantó solo en un pedazo.</p> <p>Ahí lo que quería demostrar era que la FEM podía hacerla levitar porque, abajo había una base con un imán cerámico y sobre él está la bobina. Al conectarle una fuente de energía iba a comenzar a buscar el centro del imán y este empezaría a saltar de un lado a otro”</p>	<p>Unas vez entendido como funcionan las líneas de flujo, nos preguntamos junto al estudiante, ya que no pudimos hacer levitar una esfera de imanes de forma perpetua, ¿Cómo generar, por medio del magnetismo un movimiento perpetuo?</p> <p>Para este punto, ya habíamos pasado por dos fechas de exposición en donde el grupo de “generando campos” ya nos había dado una muy buena explicación y demostración sobre cómo generar campos magnéticos, por medio del flujo eléctrico, en solenoides.</p> <p>Es así que para este segundo momento, el estudiante asegura que si se hace un solenoide, que no pese, y se pone sobre un imán, este podría elevarse y conservarse así un muy buen tiempo. Esta experiencia entra a ser un poco retardadora para el estudiante debido a que no se encontraban los resultados esperados, aunque si unos muy cercanos.</p> <p>Esta experiencia nos lleva a hablar de la Fuerza Electromotriz (FEM) en donde se le explica al estudiante la FEM como un trabajo, un trabajo que realiza la fuente y que dicho trabajo se va a medir en voltios; para que este trabajo se dé, tiene que existir algo que se llama diferencia de potencial, (en su momento le explique la diferencia de potencial como, un cambio de energía que impulsaba las partículas dentro del cable de cobre y por eso siempre habría un + y un -, o un norte y un sur)</p> <p>En una de las exposiciones grupales, el grupo de “generando campos” explico como la FEM inducida es una variación del flujo magnético en un conductor; que genera campo magnético, y este se opone a toda variación de corriente que la produjo.</p>

<b>Levitron</b>	
<p>“este funciona con un imán, que está en una base, y encima hay un trompo (peonza) magnetizado.</p> <p>[...] la fuerza magnética entre los dos polos, como son iguales pues se repelen, y al hacerlo girar, este va a quedar en suspenso.</p> <p>El único problema que estoy viendo, es como hacer una peonza de tal forma que el peso sea apropiado para que pueda ser elevado por la fuerza magnética.”</p>	<p>En este punto entendiendo más claramente eso que él llamaba &lt;&lt;líneas de fuerza&gt;&gt; se continua trabajando sobre el si existe o no, algún tipo de movimiento que fuese perpetuo y que relacionase el magnetismo, es así que una de nuestras reuniones un compañero nos habla de la película “el origen” y de cómo el objeto que utilizaban en la película lo hacían en un video de “Facebook” utilizando imanes.</p> <p>Es así que, se hace el montaje de lo que denominamos “levitron”; consistía en una peonza en cuyo eje fuese puesto un imán de neodimio y hacerlo girar en el campo magnético de un imán cerámico, la cuestión de girarlo radicaba en situar la peonza de tal forma que quedara justo en la mitad del imán, esto se tenía que hacer para evitar el giro que en experimentos pasados nos habían causado molestias. Puesto que al girarlo se re direccionaba el momento magnético haciendo que la peonza se mantuviese en el aire.</p>

### 3.3.2. Generando campos

El objetivo de este tópico consistía en que el grupo de estudiantes logaran, con la ayuda del maestro en formación, relacionar los cambios producidos en el campo eléctrico y magnético, de un conductor, uno con respecto del otro<sup>7</sup>.

Para lograr implantar en los estudiantes dudas sobre la problemática a tratar se les hace la pregunta ¿Cuántas formas conocen ustedes de producir electricidad y cuál de ellas es la más simple de implementar en estos momentos? Despues de una lluvia de ideas, donde participa todo el semillero, donde opiniones compartidas y divididas se llega a tres

---

<sup>7</sup> Estudiar este tipo de interacciones, nos será de mucha utilidad para observar más adelante, los cambios que se producirán al variar la temperatura en este tipo de interacciones

formas de producir electricidad de forma rápida económica y eficaz, la primera de ella es la de producir electricidad por medio del movimiento, “como frotando una regla” (electricidad estática); el segundo es por medio del agua con sal, electrolisis (experiencias pasadas), y el tercero es tomado por un video expuesto, por el maestro en formación, en el video se muestra como a un imán cerámico, en forma de rosquilla, le embobinan con un alambre de cobre dejando el imán como núcleo y al acercarle un bombillo de neón, este encendía. video puesto en el siguiente enlace.

<https://www.youtube.com/watch?v=tPuLP8Aze14>.

Este video, abre el debate sobre lo que tiene o no que pasar para que el bombillo prendiese, por ser una de las primeras clases, se encuentra duda en los conocimientos de los estudiantes, mas sin embargo un estudiante perteneciente al tópico “generando campo” argumento que, el que el bombillo encendiese, era totalmente imposible porque el imán no se encontraba en movimiento; uno de sus compañeros perteneciente al típico “bajemos la temperatura” siendo muy persuasivo defiende que el bombillo si enciende dado que él ha visto que “si se enrolla un pedazo de alambre y de sus extremos se conecta una pila, este va a generar magnetismo”

Del producto de esta discusión y bajo la pregunta formulada al grupo del tópico; ¿puede un campo magnético generarme un campo eléctrico y viceversa? Se llega, primero a comprobar experimentalmente el video visto en la clase anterior que abrirá las puertas para hablar de la construcción e implementación del dinamo.

A continuación, se presenta una tabla que muestra el proceso seguido por el grupo de estudiantes, en la cual se expone de forma fidedigna, la explicación en video dada por

el grupo de cada uno de sus experimentos. Del mismo modo, se presentan una serie de observaciones que darán cuenta del proceso de los estudiantes.

Con el ánimo de mostrar de forma exacta la conversación dada por los estudiantes en la explicación, se denotarán con #2 y #3 según corresponden en la conversación.

Tabla 5. *Montajes experimentales: Generando campos (Fuente: elaboración propia)*

<b>Recreando el video</b>	
<i>Explicación</i>	<i>Observaciones</i>
<p>“#2: primero, comenzamos viendo si se podía generar energía con un imán quieto, y tratamos de comprobar si un video era falso o no #2 era simplemente embobinar un imán. #3 y poner una bombilla sobre este y que ya prendiera. #2si, efectivamente no sirvió. #3 ¡pero el video no es falso! #2 ósea, efectivamente no sirvió, y luego tratamos de mostrar si generaba energía. No sirvió porque el imán estaba quieto y era cerámico. #3 exactamente, porque tenía que ser un imán que sea de neodimio y que este en movimiento, y el video, aunque no es “fake”, no es como lo muestran, porque yo investigue un poco y al parecer existen un tipo de bombillos que si prenden por eso. Así que fue una trampa, ¡no es falso, pero no se puede hacer como esta en el video!</p>	<p>El debate entre compañeros, bajo las mismas condiciones, me llevó a observar los distintos puntos de vista en los estudiantes, basados en sus experiencias.</p> <p>Producto del debate aparece la sugerencia de reproducir el experimento y observar su grado de validez, es así que en la siguiente sesión se realiza el experimento, efectivamente el bombillo no encendió. El estudiante que defendía esta posición nos habla de cómo, “para que exista corriente el imán tiene que estar en movimiento porque así atrae los electrones del material”</p> <p>Esto me lleva a hablar con el grupo de lo que es la FEM o fuerza electromotriz, explicándolo con el diseño de un circuito en serie, hablaba de como la FEM es la energía que necesitaba el circuito para “excitar” los átomos del cobre y esto va a hacer que los electrones empiecen a viajar de un extremo a otro, esta energía se conoce como voltaje; hablamos sobre la corriente como los electrones viajando y la resistencia como los impedimentos que tiene el material para que los electrones viajen.</p> <p>Las conversaciones dadas después de ello llevan al estudiante #2 a proponer que si tengo un solenoide y muevo el imán muy rápido cerca o dentro de él, esto me generara corriente, lo que nos llevó a elaborar el dinamo</p>

<b>Dinamo<sup>8</sup></b>	
<p>“#3 intentamos hacer energía moviendo los imanes, haciendo como...</p> <p>#2... induciéndole magnetismo a una bobina, efectivamente si sirvió, si generó, pero generó una corriente muy baja.</p> <p>#3 puede ser que el problema haya sido porque los imanes eran muy pequeños...</p> <p>#2... el calibre era muy delgado.</p> <p>#3 además que había doble bobina (se hizo uso de un transformador para este experimento). Funciono, pero no como queríamos.</p>	<p>Es aquí donde empezamos a pensar sobre la forma en como deberíamos mover el imán para generar corriente con el solenoide, así que el grupo decide traer una cicla, y en los rayos de la llanta de la cicla colocan imanes de neodimio, hacen que las puntas de un pequeño transformador, siempre estén justo por el camino de los imanes.</p> <p>Acto seguido, con un voltímetro se mide si se produjo electricidad o no; los resultados del voltímetro son positivos; queda demostrado que se genera electricidad con el movimiento de un imán por un solenoide.</p> <p>La elaboración del experimento junto con los resultados obtenidos me llevan a hablar con ellos sobre los experimentos de Faraday en donde concluye &lt;&lt;se producirá una corriente eléctrica inducida en un circuito cuando varíe el campo magnético que lo atraviesa&gt;&gt; FEM inducida.</p>
<b>Inducción eléctrica en un solenoide</b>	
<p>“#3 Estamos pensando en el experimento de...</p> <p>#2 genera magnetismo con electricidad, (eso ya lo tenemos)</p> <p>#3 Ese si funciona porque de por si la electricidad genera un campo magnético.</p> <p>#2 cogimos una bobina, le inducimos electricidad, y el flujo magnético va atrayendo un imán. También probamos lo mismo con un motor, y le inducimos electricidad para que el motor girara, el motor estaba destapado para poder ver cómo era que funcionaba perfectamente.</p>	<p>En este punto quisiera resaltar la relación CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) puesto que se observa como lo que el grupo acaba de entender con respecto a la FEM inducida, es algo que es utilizado con frecuencia.</p> <p>Ahora el reto que nos propusimos era generar magnetismo con electricidad, por lo que el experimento que plantea es el de un “electroimán” que consistía en hacer un solenoide y en las puntas de este, conectar una pila, y así, poner el montaje en interacción con los imanes.</p> <p>Así, entramos a hablar de la ley de Lenz, la cual nos habla de cómo FEM inducida es tan fuerte que el campo magnético asociado a esta, se opone al que lo produce.</p>

<sup>8</sup> El presente montaje experimental, consistía en la elaboración de un dinamo (generador eléctrico destinado a la transformación de flujo magnético en electricidad mediante el fenómeno de la inducción magnética, generando una corriente continua)

<b>Tren magnético</b>	
<p>“#2 al principio no servía muy bien. [...]el calibre era muy delgado, demasiado.</p> <p>#4 tocaba hacerle tocaba hacerle unas cuatro bobinas... jajaja</p> <p>#2 Luego se cambió el cable por uno mucho más grueso, ese si sirvió. Fue una mamera embobinar eso.</p> <p>#3 ¡pero sirvió!</p> <p>#2 sirvió, sirvió bastante bien.</p> <p>#2 si, ahora estamos intentando volver a hacer el tren con una bobina que tenga el diámetro más grande para que quepa una pila tipo C.</p> <p>#3 la temática es la misma solo que se adapta a la pila”</p>	<p>El experimento anterior nos muestra efectos interesantes pueden llevar construcciones experimentales bastante llamativas, esto se da a partir de la pregunta. Si en el experimento anterior el imán puesto en el interior del solenoide, solucionaba, &lt;&lt;problemas de polaridad&gt;&gt; dando una vuelta y atrayéndose a una de las paredes del solenoide. ¿Qué pasaría si no le permitiera dar la vuelta?</p> <p>Así se decide, estirar el solenoide hasta tener una figura tubular en espiral, al poner un iman de neodimio, en contacto con el cobre tubular, no obtuvimos mayores resultados.</p> <p>Les propongo la utilización de una pila y dos imanes, de esta forma les explico la ley de la mano derecha y como el pulgar, que para la idea significa la corriente (I), el dedo índice indicando el campo magnético (B) y por último el dedo medio señalando la dirección de la Fuerza (F).</p>

### 3.3.3. Bajemos la temperatura

El objetivo de este tópico, consistía en que el grupo de estudiantes logaran, con la ayuda del maestro en formación, identificar las diferentes variaciones producidas en distintos materiales, a causa de un cambio de temperatura en los mismos.

Es así que el objetivo principal en este tópico se centra en saber si la temperatura tenía que ver con que tanta electricidad podría transportar un material. Les pregunto a los estudiantes si alguna vez se habían dado cuenta de cómo cuando cargamos los celulares, el cargador, después de un tiempo, comienza a incrementar su temperatura. La respuesta afirmativa me lleva a preguntarles ¿Por qué creen que pase eso? ¿Cargaré mi celular, más o menos rápido dependiendo la temperatura del cargador?

Dentro de la discusión para dar solución a dichos cuestionamientos, encontramos otros ejemplos como cuando se calienta el celular mismo, o el cargador del computador; las respuestas obtenidas por parte de los estudiantes, hablaban del calor producido por el trabajo del transformador que tenían dichos objetos en su interior; respecto a si su temperatura afectaba en la cantidad de electricidad que podría pasar, se vieron dudas.

El problema se centraba, entonces, en demostrar si existía algún tipo de equivalencia entre la electricidad y la temperatura, del conductor que transportaba dicha electricidad, una de las integrantes del grupo, amante a la comida, señala que le gustaría hacer algún tipo de experimento con comida, pregunta si no existe algún alimento que pase electricidad, de inmediato un compañero del grupo, comenta la experiencia que tuvo al prender un led con un limón.

De esta anécdota surge la idea de congelar un limón y mirar si congelado, también prendía el led, seguido a esta idea, se propone, por parte del docente, hacer el experimento de electrolisis y variar la temperatura del agua. Dado un debate en el grupo sobre cual experimento hacer se determina que el de electrolisis sería buena idea para comenzar, es así que se les da unas debidas recomendaciones de seguridad debido a la manipulación de materiales a altas temperaturas.

A continuación, se presenta una tabla que muestra el proceso seguido por el grupo de estudiantes, en la cual se expone de forma fidedigna, la explicación en video dada por el grupo de cada uno de sus experimentos. Del mismo modo, se presentan una serie de observaciones que darán cuenta del proceso de los estudiantes.

Con el ánimo de mostrar de forma exacta la conversación dada por los estudiantes en la explicación del video, se denotarán con #4, #5 y #6 según corresponden en la conversación.

Tabla 6. *Montajes experimentales: Bajemos la temperatura (Fuente: elaboración propia)*

<b>Electrolisis</b>	
<p>“#5 Decidimos, primero, hacer unas pilas con agua, sal y láminas de aluminio y cobre. Cada pila generaba un voltio y después de agregarle sal y [...]</p> <p>#4,#6 Soda caustica</p> <p>#5 Y cuando le agregamos soda caustica, el voltaje aumento, después de un tiempo el aluminio sacara efervescencia a el agua y el agua cambiaba su temperatura, [...] con eso prendimos un led.</p> <p>#5 así a medida del tiempo se iba calentando, que decidimos ver si prendíamos el led con agua caliente</p> <p>#4 y con agua que en un principio era un cubo de hielo</p> <p>#6 el caso es que después de que se no dañara el led, medimos con el voltímetro el voltaje de salida y efectivamente habían diferencias en sus voltajes</p>	<p>En la construcción y elaboración de este montaje se explica como el fenómeno pasa por un proceso de oxidación química, y que por ende una de las placas puestas en el vaso con agua funciona como Ánodo, siendo este, el que cuando se le aplique una diferencia de potencial, liberara electrones, y el agua con sal y limón y soda caustica procederán a oxidar esta placa llamada ánodo, liberando electrones que pasaran al cátodo y esto producirá una corriente.</p> <p>Al variar la temperatura del agua, intentamos verificar si la corriente tiene alguna equivalencia con la electricidad, en la siguiente sesión se realiza el experimento y se determina que efectivamente existe una variación inversamente proporcional del voltaje respecto a la temperatura.</p> <p>Es así que llega la pregunta ¿si la tempera afecta la electricidad, también afectara el magnetismo?</p> <p>El debate alrededor de la construcción de una respuesta para el anterior cuestionamiento carecía de lógica, por lo que en este momento no se había explicado la relación entre la electricidad y el magnetismo.</p>
<b>El péndulo de Curie</b>	
<p>Para el péndulo térmico, también utilizamos los tubos de pvc, teníamos un imán, dos tablas en las que pegamos el tubo y al tubo pegamos el imán y en la tabla de arriba teníamos un hilito de cobre y a él teníamos el tornillo atado y una vela en medio del imán y del tornillo.</p>	<p>Unas sesiones adelante, uno de los estudiantes del semillero llega con un péndulo de Curie, o como él lo llama &lt;&lt;péndulo térmico&gt;&gt; argumentando que efectivamente el calor hacia que un tornillo dejara de ser atraído al imán.</p> <p>El péndulo de Curie es una maquina térmica</p>

<p>#6 los materiales con propiedades magnéticas, pierden dichas propiedades al elevar su temperatura y pierde su magnetismo, como si el calor hiciera que el tornillo dejara de ser diamagnético ocasionando que el tornillo se separa del imán.</p>	<p>que muestra como al alcanzar determinada temperatura un material pierde ciertas propiedades ferromagnéticas que ocasiona su separación del imán, en cuanto el material baja su temperatura, este recupera sus propiedades ferromagnéticas.</p> <p>Esto nos muestra que efectivamente en el magnetismo también se muestran cambios respecto a su temperatura; esto fue aprovechado para plantear el caso contrario, si el material con altas temperaturas pierden propiedades ferromagnéticas ¿ocurrirá lo contrario si en vez de subir su temperatura la bajamos?</p> <p>Es así que, después de haber pasado dos sesiones de exposición, hablamos del experimento de los anillos de Thomson, en este experimento ya se habla sobre la dirección de las líneas de flujo, las líneas de campo y la FEM inducida, por lo que ya se entendía por qué el anillo brincaba de la bobina</p>
<p><b>Anillos de Thomson</b></p>	
<p>#5despues decidimos hacer una bobina, [...]</p> <p>Lo que queríamos hacer con la bobina era hacer un aro, que la mitad fuera de aluminio.</p> <p>#6 Que la mitad fuera aluminio con un embobinado y la otra mitad fuera un alimento cítrico, para que esto produjera energía, para inducirle un campo magnético</p> <p>#4 Pues es que este proyecto, tuvo varios inconvenientes. [...] nos repartimos el trabajo entre los tres debido a que uno está en electricidad y yo en mecánica, mientras que mi compañera hacia el aro. Pero lo hicimos mal porque ella me dio algo de electricidad y yo algo de mecánica, esto ocasiono que: primero el embobinado quedara con varios huecos, lo intentamos arreglar, después cuando lo trajimos se había roto y no sabíamos en que vuelta era, después se empezaron a despegar las resistencias.</p> <p>#6 Eso también ocasiono que cuando se rompió toco soldarlo y eso cambio un poco el</p>	<p>Una sugerencia que sale del grupo, respecto a mostrar si habían cambios en positivos en la electrodinámica de los objetos, propone que si, con lo visto en la electrolisis y el experimento de prender un led con un limón, se hiciera un aro con la mitad de cobre y la otra mitad de zinc envueltos en algún cítrico, este también brincaría de la bobina por los mismos principios.</p> <p>En caso de que el anillo no brincara del embobina se pretendía enfriarlo con nitrógeno y observar lo que podría ocurrir; los problemas ocasionados en la elaboración del montaje y otros problemas externos al semillero, provocaron el no poder culminar este experimento, por lo que se propuso recrear el experimento de los anillos de Thomson, con la bobina que se encontraba en el colegio, pero se variaría la temperatura de los aros.</p> <p>Al hacer esto, decidimos poner un aro a una temperatura aproximada de 100°C, y aro a temperatura ambiente y un tercer aro al cual se</p>

<p>campo magnético y además cuando se rompió el transistor 2 N-22-22, que era el que hacia material para que la bobina funcionara y la resistencia de 22K estaba en paralelo entonces tampoco servía.</p> <p>#5 para que esto funcionara, buscamos alimentos que tuvieran grandes cargas eléctricas, digamos, carne, frutas secas, cítricos, entre otros. Pero conseguir algunos de estos es muy difícil, entonces decidimos hacerlo con un limón.</p> <p>Sabíamos que nuestro proyecto era ensayo y error y sí. Lo hicimos muchas veces y lo cambiamos muchas veces.</p> <p>(Anexo 6)</p>	<p>le había bajado su temperatura con nitrógeno líquido. Efectivamente el aro con menor temperatura habría alcanzado una altura mayor en comparación del aro a temperatura ambiente, caso contrario con el aro a 100°C el cual, su altura con respecto al aro a temperatura ambiente fue menor.</p>
<p><b>Implicaciones tecnológicas</b></p>	
<p>Investigando y mirando, nos encontramos con que como el calor produce alteraciones ferromagnéticas en los materiales pues terminaba dañando todo, ahora se sabe que el frío afectara positivamente al circuito, averiguando supimos que existían los materiales superconductores, pero después también mirando, descubrimos que si se le aplica frío indirectamente a un circuito, puede llegar a beneficiarlo, como en el caso de los refrigerantes líquidos.</p> <p>#5 Que están siendo muy utilizados hoy en día para las computadoras.</p> <p>#6 Eso hace que todas las partes de las computadoras estén refrigeradas, pero no los está tocando directamente para que no se genere un corto como si fuese a tocas agua.</p>	<p>En una reunión con el grupo del tópico hablamos sobre la pregunta que nos trajo hasta aquí ¿Cargará mi celular, más o menos rápido dependiendo la temperatura del cargador?</p> <p>Asi que el debate comienza por suponer que: el calor produce una alteración en las propiedades de los materiales por lo que se piensa que análogamente, si se enfría el material, las alteraciones en las propiedades ferromagnéticas de este, se verán de forma positiva.</p> <p>Vemos de nuevo como los avances científicos dan paso a los avances tecnológicos y estos alteran la sociedad debido a que se encuentra con que mejoran el funcionamiento de algunos aparatos electrónicos enfriando sus circuitos con distintos refrigerantes.</p>

### 3.3.4. Hora de cambiar al mundo

La poca actividad científica en Colombia, hace que se dificulte alcanzar uno de los objetivos más grandes en esta investigación, el llevar el estado superconductor al aula, dado que no todos los materiales pueden alcanzar tal estado y los materiales que alcanzan

su temperatura crítica alrededor de los 77K son aleaciones de difícil acceso. Es así que en este punto se reúne al grupo para hablar de las experiencias personales a lo largo del semillero, el acompañamiento de la plataforma con soporte en algunos videos, me lleva a hablar del estado superconductor como la resistencia cero al paso de la corriente debido a una organización atómica en el material que ocasiona un campo magnético que logra ser anulado en su interior provocando un diamagnetismo perfecto.

Las aportaciones dadas por todos los grupos nos lleva poco a poco a asociar fenómenos vistos en los montajes experimentales, con los fenómenos dados en el estado superconductor, su impacto que tiene en la sociedad, el tren Maglev, y la elaboración de una tabla de levitación magnética hecha a partir de los superconductores. Asociando así las CTS en la educación media.

Cabe de notar que la imposibilidad de hacer un trabajo de laboratorio relacionado con el estado superconductor radicó, especialmente, en la dificultad de encontrar los materiales necesarios para tal fin, a pesar de la ardua búsqueda, de estos materiales, por parte del docente en formación y de los integrantes del semillero, fue imposible la obtención de una pastilla superconductora con la que se hubieran podido observar los efectos de un superconductor en dicho estado. Esto me lleva a pensar en la poca actividad científica que hay en Colombia, lo que impide el desarrollo no solo de las ciencias en Colombia, si no a su vez el desarrollo tecnológico y social.

A pesar de las contrariedades, los estudiantes, dan una buena explicación del fenómeno de la superconductividad a los profesores del área de ciencias del colegio.

En ella expresan, las ventajas, avances y el fenómeno del estado superconductor, en las relaciones CTS, esto se da por medio de un prototipo de tren magnético (el cual no paso de una descripción en diarios de campo y bocetos del montaje, debido a la falta de material expuesto anteriormente) en donde la función principal era tener un eficaz transporte, recolector de basuras.

En este punto me gustaría hacer especial énfasis en la falta de cultura científica en el país, puesto que, materiales como el nitrógeno líquido, son utilizados para diversas cosas como coctelería y confitería. Pero no se ve en Colombia el uso de este tipo de materiales en pro a la ciencia, así mismo, materiales como los cupratos (superconductores tipo II), son de difícil acceso y sus precios se elevan al tener que importarlos.

Al finalizar la experiencia y haciendo uso del nitrógeno restante de los experimentos hechos por el grupo encargado del tópico “bajemos la temperatura”, los estudiantes del semillero, decidieron hacer lo que llamaron “bomba divertida”, la cual consistía en poner en una botella de agua (no térmica) una pequeña cantidad de nitrógeno y acto seguido, introducir la botella en un balde con agua, a temperatura ambiente, haciendo que el nitrógeno retornara a su estado gaseoso aumentando la presión al interior de la botella, haciendo que, el exceso de presión reventara la botella.

Así mismo, se da cuenta de un proceso investigativo por parte de los estudiantes en cuanto a todas las implicaciones de realizar una experiencia llamativa para ellos, es el caso de la experiencia en cuestión, puesto que, se muestra en sus diarios de campo un abordaje interdisciplinar de disciplinas tales como la Física, la Química y la Biología; dicha investigación muestra por un lado toda la explicación física en cuanto a diferencias

de presiones en un gas, que a su vez los conduce a sustentar el proceso químico que se vive dentro de dicha botella, y así mismo, conlleva a entender por qué se produce el estallido de dicha botella. Acto seguido se menciona todas las implicaciones biológicas que suscita la realización de dicho experimento ante la utilización de nitrógeno. (fotografías del diario de campo en el apéndice uno)

A pesar de no ser una investigación extensa en su contenido, ni con muchos sustentos teóricos ni matemáticos, se evidencia el interés que produce la realización de este tipo de laboratorios en el aula, los cuales enriquecen vivencias de los estudiantes en este proceso de ser hacedores de su conocimiento.

## Capítulo IV

### Conclusiones Finales

“más ha hecho la imaginación construyendo sin tregua, que el cálculo construyendo sin descanso” José Ingenieros

En este capítulo se recogen las reflexiones alcanzadas a lo largo de proceso investigativo, dando lugar a: el desarrollo del estado superconductor y los principios de la superconductividad como tema de estudio en la educación media y la indagación del conocimiento de los estudiantes a partir de su experiencia.

El descubrimiento de la superconductividad dado por Heike Kamerling Onnes, abre las puertas a una nueva rama de estudio, que tiene connotaciones en una era moderna con el desarrollo e implementación de tecnologías basadas en tal descubrimiento, en donde se pone de presente la evolución de las ciencias y la practicidad de dicha evolución.

Lo anterior muestra una relación CTS dada en este tema en particular, esto nos lleva a resaltar la importancia de conocer los contextos en que se produce el conocimiento científico y los alcances que este tiene, por ende, propone reorientar el papel del maestro en el aula ya que, este papel, debe responder ciertos retos en la educación que tienen como finalidad una mejor comprensión en los estudiantes.

En este sentido, la investigación aquí dada resalta ciertos elementos facilitadores dados en el electromagnetismo (Física clásica), que reorientan las ideas de los estudiantes hacia el estudio del estado superconductor (Física moderna), considerando que al hacer el acercamiento entre el estudiante y el fenómeno a estudiar, y con ayuda de su experiencia

previa y la orientación del docente, en la construcción de los montajes, pueden expresar sus ideas frente a un fenómeno de la naturaleza, mostrando en cada estudiante un papel protagónico propio del quehacer científico en el momento de dar a conocer sus opiniones. De esta forma, se expresa una serie de actividades motivadoras para los estudiantes que los lleva, sin buscar un beneficio detrás de ello como lo es la nota, a elaborar, construir y explicar una serie de montajes experimentales que les permito tener una comprensión más amplia de un fenómeno que engloba el manejo de preconceptos como los son: conducción eléctrica, inducción electromagnética y magnetismo, tal como lo es el estado superconductor.

Cabe resaltar también, que los estudiantes que hicieron parte de esta investigación de forma activa y constante, hacen parte del Instituto Técnico Laureano Gómez, y que, debido a su formación técnica, cuentan con unas ideas y principios un poco más elaborados respecto a este tipo de fenómenos. Reconociendo de esta manera, el papel que juega el plantel educativo a la hora de propiciar espacios a los estudiantes para el desarrollo de actividades que les propongan retos y alternativas de conocimiento.

Sin lugar a duda, el exponer a los estudiantes en un espacio familiar no hostil, genera en ellos una actitud participativa y propositiva, permitiéndoles entrar en diálogo no solo con sus compañeros, sino también con el fenómeno, llevándolos a hacer construcciones cada vez más elaborados y así llegar a una mejor comprensión de complicadas ecuaciones matemáticas, resaltando en este punto que, a lo largo de la investigación, no se usó, por parte del maestro en formación, ningún formalismo matemático, mas sin embargo fue notorio como los mismos estudiantes para poder

explicar sus ideas, hacían uso de ciertas cantidades que poco a poco los van dirigiendo a hablar de fenómenos físicos en lenguaje matemático. Y es que como lo mencionó el profesor Juan Carlo Orozco en una de nuestras conversaciones. “Se entiende que la matemática no es una condición sine qua non para la Física”

Lo anterior nos lleva a hablar de cómo se debería darse el papel del maestro en el aula, y es que si bien, este personaje ante sus estudiantes tiene una figura de autoridad, la relación maestro – estudiante, debe hacerse de tal forma que el estudiante deje de ver al docente como aquella persona poseedora del conocimiento, y empiece a interactuar con él, dándole el papel de guía en el aula de clases, generando de esta forma un ambiente en el cual el estudiante se sienta a gusto y no vea la Física como una ciencia que está hecha para unas pocas mentes privilegiadas con una cierta inteligencia racional fuera de lo común, en cambio, borre de él, la idea utópica de científico loco, y se entienda como parte de la cotidianidad, como una cultura tecno-científica que nos concierne a todos.

Ya para terminar, considero desde mi formación como docente y la culminación de esta investigación, que, en países como Colombia, se hace pertinente y necesario nuevas investigaciones que le apunten, no solo a las múltiples formas en cómo se puede enseñar la Física, sino que, al mismo tiempo, se generen investigaciones con el fin de enseñar a los niños y jóvenes del siglo XXI una ciencia que les permita entender el mundo del siglo XXI.

Es así que se resalta el eje central del documento de Diego A Golombek, el cual a grandes rasgos nos muestra como el problema de la educación en ciencias y sobre todo en Física, no se encuentra solo en lo que se enseña, sino en cómo se enseña lo que se enseña.

El desarrollo de la investigación nos da una mirada clara de dicha afirmación, al resaltar las concepciones individuales de cada estudiante y su forma de ver el mundo, por lo que, en mi opinión personal, la educación debe centrarse en resaltar dichas particularidades permitiendo que los estudiantes se apropien de su aprendizaje, dando lugar a distintas formas de ver y comprender el mundo, abriendo puentes de dialogo entre sus compañeros que los inviten a confrontar sus propias teorías, generando, en sí, el afán de investigar y proponer solución a los problemas que le atañe.

Es así que el “como se enseña lo que se enseña” es un problema más de centrar su atención al individuo y sus intereses, en su forma de preguntarle al mundo que lo rodea y la interpretación que da este, puesto que, en esencia, así fueron los primeros pasos de la actividad científica.

## Bibliografía

- Arrayas, M., & Trueba, J. L. (2007). *Electromagnetismo, circuitos y semiconductores*. Madrid: Dykinson.
- Atkins, P., & Paula, J. D. (2006). *Química Física*. Madrid: Medica Panamericana .
- Ayala , M. M., Romero, A., & Malagon, F. (s.f.). de la mecanica newtoniana a la actividad de organizar los fenomenos mecanico. *preimpresos* .
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 19-37.
- Bradamante, F. (NOVIEMBRE de 2006). *SUPERCOMET2*. Recuperado el AGOSTO de 2016, de [www.supercomet.eu](http://www.supercomet.eu)
- Braida, M., & Michelini, M. (s.f.). *Introduzione alla Superconduttività Sperimentazione didattica*. Italia : UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI UDINE.
- Brophy, J. J. (1979). *Electrónica fundamental para científicos*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
- Charles, K. (2003). *Introducción a la física del estado sólido*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
- Collieu, A. M., & Powney, D. J. (1977). *Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales*. Madrid: REVERTÉ S.A.
- Cortes, D. (2000). *Diccionario de ciencias*. Madrid: Oxford complutense S.A.
- Desconocido. (24 de 03 de 2012). *Todo es química*. Recuperado el 10 de 01 de 2018, de Todo es química: <https://todoesquimica.blogia.com/2012/032403-cero-absoluto-de-temperatura.php>
- Donate, A. H. (1999). *Principios de electricidad y electrónica II*. Barcelona: Marcombo.
- Golombek, D. A. (2008). *aprender y enseñar ciencias, del laboratorio al aula y viceversa*. ciudad autonoma de Buenos Aires: fundacion santillana.
- Guayasamin, G. (2010). *Física: Ciencia Fundamental*. Estados unidos: Xlibris.
- Judy Carolina Anacona Beltrán, Y. A. (2011). IMPLEMENTACIÓN DE LA SUPERCONDUCTIVIDAD EN LOS ESTADOS DE LA MATERIA PARA EDUCACIÓN MEDIA. *revista científica U Distrital*, 27-32.
- Kaku, M., & Callan, J. (2011). *La física del futuro: Cómo la ciencia determinará el destino de la humanidad y nuestra vida cotidiana siglo XXI*. Barcelona: Debate.
- Kittel, C. (1997). *Introducción a la física del estado sólido*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
- Kragh, H. (2007). *Generaciones cuánticas*. Madrid: Princeton University Press.
- Linares, R. N. (2009). *Balance de un siglo de Superconductividad y superconductores*. Zaragoza.
- Magaña, L. F. (2013). *Los superconductores*. Mexico: Fondo de cultura economica .
- MEN. (s.f.). *MINEDUCACIÓN*. Recuperado el 23 de 01 de 2017, de MINEDUCACIÓN: [http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)
- Olabuénaga, J. I. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa*. Bilbao: Deusto.

- Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2000). Física contemporanea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando la formacion de profesores. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, (págs. 391-402). Porto Alegre .
- Prieto, T., España, E., & Martin, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Eureca sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 71-77.
- Quintana, J. C., & Aguilar, F. L. (2007). *Interacción Electromagnética. Teoría Clásica*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
- Raman, J. (1 de 06 de 2015). *Superconductividad* . Obtenido de <http://ramanujan25449.blogspot.com/2015/06/superconductividad.html>
- Shriver, D. F., Atkins, P. W., & Langford, C. H. (2004). *Química inorgánica, Volumen 2*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
- Soto, A. S. (2009). *Electromagnetismo*. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología, Volumen 2*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
- Viñas, W. G., & Mancini, H. L. (2002). *Ciencia de los Materiales*. Madrid: Universidad de Navarra.

## Anexos

- Test introductorio

### Test ingresso/uscita

1. In quante classi si possono suddividere le interazioni di diversi tipi di materiali con un magnete? In che cosa si differenziano?

*Punteggio: 0.5*

2. In un circuito chiuso si genera una corrente indotta ogniqualvolta varia il flusso del vettore induzione magnetica con essa concatenato ed il fenomeno dura finché dura la variazione di flusso.

- a. Questa affermazione è sempre vera?

Sì

No

- b. Motiva la risposta.

*Punteggio: 1*

3. Nei conduttori, nei metalli in generale la resistenza è legata alla temperatura. All'aumentare della temperatura, la resistenza aumenta. Perché?

*Punteggio: 0.5*

4. Per superconduttività s'intende l'azzeramento della resistività elettrica che certi materiali esibiscono al di sotto di una certa temperatura critica  $T_c$  (G. Torzo. Superconduttività ad alta temperatura).

Secondo te il passaggio allo stato superconduttore è un processo irreversibile o reversibile?

Motiva la tua risposta.

*Punteggio: 1*

5. Pensi che si comportino allo stesso modo un conduttore normale magnetizzato e poi fatto transire in uno stato di "conduttore perfetto" ( $T < T_c$ ) e un superconduttore immerso in un campo magnetico e poi portato al di sotto della temperatura critica? (Considera che un superconduttore al di sotto della temperatura critica, immerso in un campo magnetico diventa perfettamente diamagnetico). Motiva la risposta.

*Punteggio: 1*

6. Perché all'interno di un superconduttore, portato al di sotto della temperatura critica il campo elettrico deve essere uguale a zero? (Dull. A teacher guide to superconductivity for high school students).

*Punteggio: 1*

7. In quante e quali tipologie si suddividono i superconduttori e da che cosa sono caratterizzate?

- Montajes experimentales.



Imagen 1: Trabajo de laboratorio sobre los campos magnéticos de un imán cerámico.



Imagen 2: Laboratorio levitación magnética.

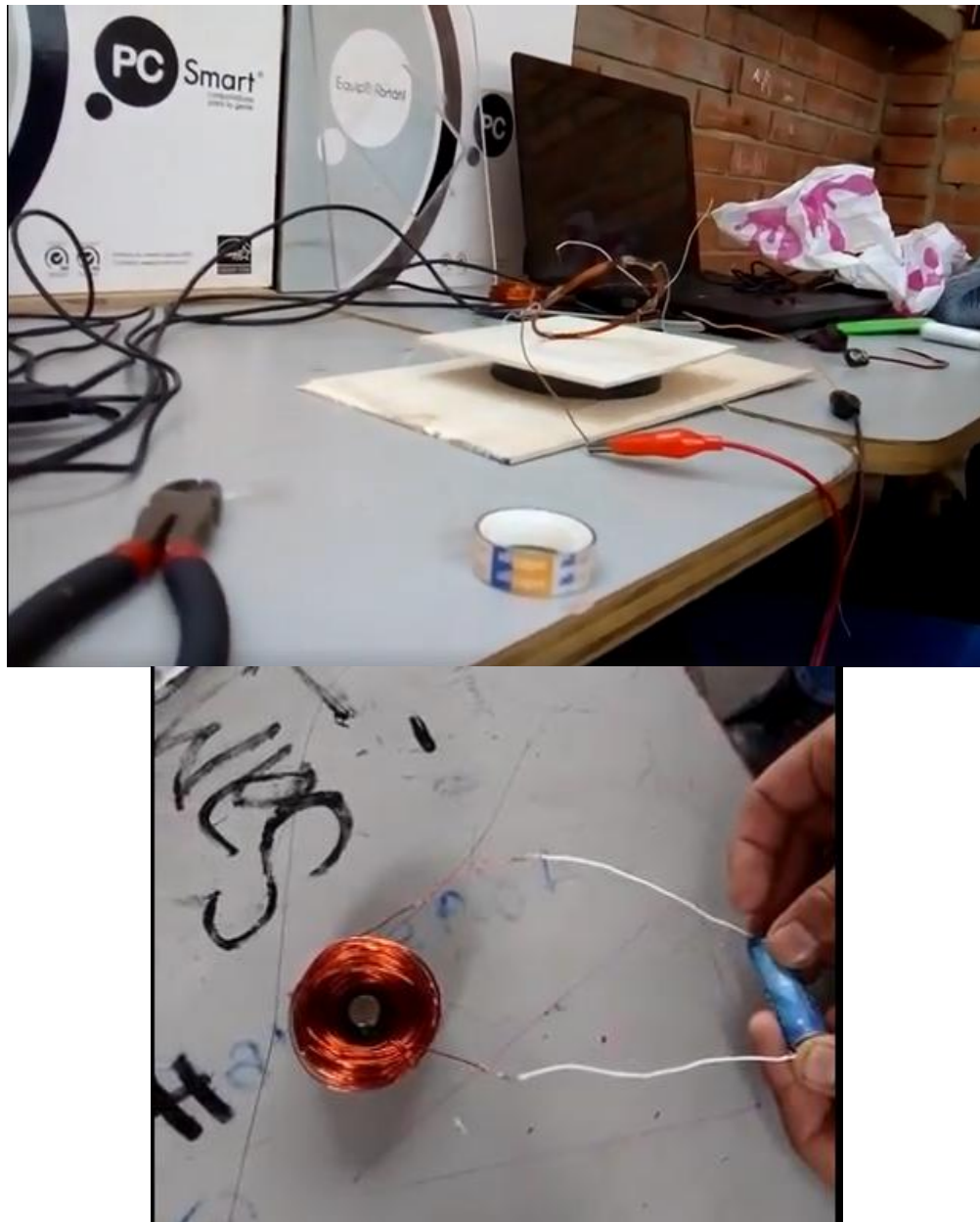


Imagen 3. Inducción del campo magnético en un solenoide.



Imagen 4. Tren magnético por inducción electromagnética.



Imagen 5. Electrolisis.



Imagen 6. Levitron





Imagen 7. Trabajo de laboratorio interacción de campos a baja temperatura.

En esta parte del documento se muestran las fotografías tomadas de los diarios de campo que llevaban los estudiantes, en aras de documentar sus dudas e inquietudes respecto al proceso que llevaron en la elaboración y documentación del experimento titulado “bomba divertida”.

en general, y podríamos dejar el cobre intacto pero el núcleo congelarlo y mirar si hay un material super conductor ferroso, eso no lo tenemos del todo claro así que en este momento es solo una hipótesis.

II. La explosión  $\ddot{O}$ , comprar provisiones. Necesitarás un basurero de plástico grande (de buena calidad), 5 galones de agua tibia, una botella de agua, nitrógeno líquido y algún material explosivo divertido (mani empaquetado, pelotas de Ping Pong, etc.). Se vierte el agua tibia al fondo del basurero.

#### Precauciones

↪ Los fertilizantes nitrogenados son una importante fuente de contaminación del suelo y de las aguas. Los compuestos que contienen iones de amonio forman sales extremadamente tóxicas y son mortales para numerosos animales, entre ellos los mamíferos.

#### Efectos del nitrógeno sobre la salud

↪ Las moléculas de nitrógeno, en estado natural, se encuentran principalmente en el aire. En el agua y en los suelos el nitrógeno puede ser encontrado compuesto en forma de nitratos y nitritos.

Los humanos han cambiado radicalmente las proporciones naturales de nitratos y nitritos, mayormente debido a la aplicación de estiércoles que contienen nitratos. El nitrógeno es emitido en grandes cantidades por las industrias. A lo largo de la historia nota un incremento de la presencia de nitrato y nitritos en el suelo y en el agua como consecuencia de reacciones que tienen lugar en el ciclo de nitrógeno. Esto se refleja en un aumento de la presencia de nitratos y nitritos.

Se vierte el nitrógeno líquido en la botella de agua. Se llena un tercio de la botella con un embudo. No tapar la botella hasta que estemos listos. Tapar la botella herméticamente. Muy rápidamente, tapar la botella herméticamente y colocarla en el agua tibia. Se echa el material adicional. El instante en que se coloca el nitrógeno en el agua, al menos más debería estar echando adentro las pelotas de ping pong y otro material diversificado choca la Chevere.

COPRE. ¡Salimos del camino y aseguramos de cubrir los oídos con orejeras o con manos planas.

#### Nota N° 2

Si la botella de agua se raja o está mal tapada, la explosión no ocurrirá.

Esperar por lo menos diez minutos antes de acercarse para revisar la botella de agua y tener cuidado al manipularla.