



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL

Análisis histórico-crítico para la reconstrucción de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial: *SOBRE EL TEXTO ESTUDIO DE UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL*

LEIDY DAYAN ALONSO TINOCO

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia
Facultad de ciencia y tecnología, Departamento de física
Bogotá D.C., Colombia
2019

Análisis histórico-crítico para la reconstrucción de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial: SOBRE EL TEXTO *ESTUDIO DE UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL*

LEIDY DAYAN ALONSO TINOCO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Licenciada en física

Director (a):

John Eduard Barragán Parra

Línea de Investigación:

Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural.

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia
Facultad de ciencia y tecnología, Departamento de física
Bogotá D.C., Colombia

2019

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi mamá Doris Aidet Tinoco García, por su apoyo incondicional y a mi príncipe hermoso David Santiago Chaparro Alonso por sacrificar sus tiempos, por entenderme, por apoyarme, pero sobre todo por inspirarme, a continuar con las metas propuestas.

“Cuando tomamos cierto interés en los grandes descubridores y en sus vidas es cuando la ciencia se hace soportable, y sólo cuando rastreamos el desarrollo de las ideas es cuando se hace fascinadora.”

James Clerk Maxwell

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por la bendición que me otorga al culminar la entrega de este documento, a mi director de Tesis John Eduard Barragán Parra, por su apoyo, guía y paciencia, por las enseñanzas y consejos que me brindo, por retarme a crecer y a no quedarme inactiva en mi labor de educar.

Gracias a mis compañeros de estudio, Camilo, Jhon, Johana, Miguel, Rodrigo y Esmeralda que me acompañaron y me dieron ánimo cuando perdía las fuerzas.

Gracias a mis padres, a mi hijo por su apoyo y sacrificio, a mi madrina y hermanas. A los maestros maravillosos con quienes tuve la oportunidad de compartir y vivir cada experiencia de la academia.

Al colegio Nueva Constitución y en especial al maestro Wilson Tapias, gracias, por permitirme llegar al aula y realizar la práctica, para afianzar mis conocimientos sobre la educación y permitirme aportar en cada espacio de aprendizaje.

Gracias a todos nuevamente por hacer que yo descubriera la fuerza que hay en mi interior.

 UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 92	
1. Información General		
Tipo de documento	Trabajo de grado	
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central	
Título del documento	Análisis histórico-crítico para la reconstrucción de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial: SOBRE EL TEXTO ESTUDIO DE UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWEL	
Autor(es)	Alonso Tinoco, Leidy Dayan	
Director	Barragán Parra, John Eduard	
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2019. 77 p.	
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional	
Palabras Claves	CONDUCTOR, AISLADOR, SUPERFICIE EQUIPOTENCIAL, EXPERIMENTO, RECONSTRUCCIÓN DE CONCEPTOS, HISTORICIDAD.	

2. Descripción
<p>Para fines de este trabajo se ponen a la vista tres aspectos importantes que permiten llevar a cabo la reconstrucción y recontextualización de los saberes científicos, es así como se plantea la construcción de los conceptos de: conductor, aislador y superficie equipotencial, a través de un estudio histórico-crítico al texto UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL (Maxwell, 1881)</p> <p>Y se ha evidenciado que la formación del docente se está encaminando a la entrega de una serie de herramientas disciplinares que solo reflejan la transmisión de contenidos teóricos. Por lo que este trabajo se apoya de la reconstrucción histórica de las ciencias como un “recurso” para el desarrollo de discusiones epistemológicas de la ciencia, las cuales permiten realizar reflexiones sobre el quehacer científico y orientar de manera más eficiente el conocimiento. Por lo tanto, es importante resaltar que el análisis a los documentos originales rescata las reflexiones sobre los conocimientos científicos, permitiendo reconstruir y comprender los conceptos físicos. Teniendo</p>

en cuenta que, el proceso de análisis mencionado es fundamental para la formación y autoformación del maestro, pues ayuda a orientar su labor pedagógica, así que, se debe estar actualizando en este tipo de estudios históricos. (Ayala, 2006).

En este orden de ideas, se plantea que el objetivo de este trabajo es realizar una reconstrucción conceptual de los conceptos conductor, aislador y superficie equipotencial, dichas reconstrucciones estarán vinculadas con las experimentaciones que se analizaron en los primeros apartados del documento *Un Tratado Elemental Sobre Electricidad de James Clerk Maxwell*, lo cual permitirá una mejor comprensión de los conceptos y uso conceptual en el aula.

3. Fuentes

- Acosta Poveda, J. (2015). *LOS ESTUDIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS EN LA FORMACIÓN DE LICENCIADOS EN FÍSICA Y CIENCIAS NATURALES: EL CASO DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA DE ROGER BOSCOVICH*. Bogotá.
- Alvarez Cadavid, G. M. (2005). *Reconceptualizar y Recontextualizar para un nuevo Ambiente de Aprendizaje*. Medellín.
- Amestoy de Sanchez , M. (1995). *desarrollo de habilidades del pensamiento: procesos básicos del pensamiento*. Mexico D.F: Trillas .
- Ayala M., M. (2006). *Los análisis histórico-crítico y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Bogotá: Pro-PosiÁies.
- Ayala Manrique, M. M., Sandoval Osorio, S., Malagón Sánchez, J. F., & Tarazona Vargas, L. (2006). EL EXPERIMENTO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS COMO UNA FORMA DE ORGANIZAR Y AMPLIAR LA EXPERIENCIA. *Ponencia presentada al III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física*.
- Ayala Manrique, M., Malagon S, J., & Guerrero , G. (2004). La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural. *física y cultura: Cuadernos Sobre Historia Y Enseñanza De Las Ciencias no.7*, 80-91.
- Ayala Manrique, M., Malagón Sánchez , J., & Sandoval Osorio , S. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías & construcción de magnitudes*. Bogotá D.C: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ayala, M. (2006). *Los análisis histórico-crítico y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Bogotá.
- Ayala, M. M., & Rodriguez, L. D. (1996). La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. *Cuadernos Sobre Historia Y Enseñanza De Las Ciencias. Representaciones Ii . Sobre La Ciencia Y El Conocimiento*, 75-96.
- Cárdenas López, L., & Ramírez Pérez , D. (2009). Ampliación de la experiencia en el estudio del fenómeno electrostático. Bogotá, Colombia.
- Cohen, R. (2003). *Hertz's Philosophy of science: an introductory Essay, en HERTZ, Heirnrich, the principles of machanics presented in a new from*. New York: Dover Publiations, Inc.
- Fodor., J. (1999). *Conceptos donde la ciencia cognitiva se equivocó*. (O. C. Press, Trad.) Barcelona: Gedisa.
- Gabás Masip, J. (2015). MAXWELL: LA TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA DE LA LUZ. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 1-20.

- García A., E., & Estany, A. (2010). FILOSOFÍA DE LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. *Praxis Filosófica*, 7-24 .
- García Arteaga , E. (2014). Análisis Histórico-Crítico Del Fenómeno Eléctrico. *física y cultura* , 73-92.
- Greca , M. (2001). Conceptos. *Actas de la IV Escuela Latinoamericana de Enseñanza de la Física* .
- Malagón Sánchez , F., Sandoval Osorio , S., & Ayala Manrique, M. (2013). LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS Y PROCESOS DE FORMALIZACIÓN. *Praxis Filosófica Nueva serie*, 119 - 138.
- Maxwell, J. (1881). *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC.
- Maxwell, J. C. (1881). *An Elementary Treatise On Electricity*. New York: Dover publicstions, Inc.
- Moreira, M. (21 de Octubre de 2008). CONCEPTOS EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA: IGNORADOS Y SUBESTIMADOS. (n. F. Brasil, Ed.) *Revista Qurriculim*.
- Orozco C., J. (1996). CONSIDERACIONES PARA UN ENFOQUE HISTORICO-EPISTEMOLOGICO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. *UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL*.
- Orozco, J. (2005). Atajos y desviaciones: Los estudios históricos-críticos y la enseñanza de la ciencias. *TECNE, EPISTEME Y DIDAXIS (TEA)*, 70-79.
- Real academia española. (2011). *Real academia española*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2014, de <http://lema.rae.es/drae/?val=definicion+>
- Romero M., O., & Bautista B., M. (2011). *HIPERTEXTO FÍSICA 2*. Bogotá D.C : EDITORIAL SANTILLANA S.A.
- schaffhouser electric company LLG*. (2015-2018). Obtenido de <https://www.schaffhouselectric.com/>
- Serwey , R. A., & Jewett, J. W. (2009). *Física para ciencias e ingenierías con física moderna* (Vol. 2). México D.F: Cengage Learning, Inc.
- Suay B., J. M. (2013). *EL CONOCIMIENTO AL FINAL DE UN HILO. LA COMETA A TRAVÉS DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA*. España : TESIS DOCTORAL, UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA.
- Tarazona , M., & Medina , J. (2011). *El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción del potencial eléctrico como una magnitud física. Elementos para una propuesta en la formación inicial y continuada de profesores de física* . Medellín: Trabajo de grado Universidad de Antioquia. .
- Tippens, P. E. (2011). *Física, conceptos y aplicaciones*. México, D. F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Valero, M. (1994). *Física fundamental 2*. Bogotá: Norma S.A.
- Viennot, L. (2002). *Razonar en física: la contribución del sentido común*. Madrid: A. Machado.
- Vygotsky, L. S. (1995). *PENSAMIENTO Y LENGUAJE, Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*. Fausto .
- Zarragoicoechea, P. (2011). *El Paisaje, construcción de un concepto* . Buenos aires : Universidad pedagógica buenos aires.
- Zemansky, S., & Freedman , Y. (2009). *Física Universitaria con física moderna* . México D.C.: PEARSON EDUCACIÓN.
- Zitzewitz, P., & Neet, R. (1995). *Física 2, Principios y problemas*. Bogotá: Mc Graw Hill.

4. Contenidos

El cuerpo de este trabajo tiene tres ejes, el primer eje se identifica con la transversalidad que se construyó entre el experimento, el concepto y la historicidad, allí el lector encontrará la importancia y el papel que cumplen los estudios histórico-críticos en el desarrollo de una reconstrucción conceptual. También se podrá encontrar cómo el experimento deja de ser una herramienta de verificación y comienza a ser el eje central de los análisis teóricos e investigaciones, permitiendo exaltar las experiencias sensibles y culturales que se tienen de las fenomenologías que rodean a la humanidad.

Como segundo eje, se esbozan y analizan las experiencias que se describen en el capítulo I del documento UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL (Maxwell, 1881), estas se vinculan a las reconstrucciones conceptuales de los conceptos de conductor y aislador, permitiendo establecer una relación entre los contextos culturales y cotidianos, resaltando aquellas percepciones sensoriales que se tuvieron, tienen y se van a tener a través de las diferentes interacciones con la materia. Y se llega a un primer acercamiento conceptual.

Como tercer eje, se analizan algunos apartados del documento original, que permiten evidenciar las conceptualizaciones que Maxwell (1881) realizó para determinar el acercamiento al concepto de superficie equipotencial.

Hasta este punto se evidencia que se realiza un análisis y se reconstruye una caracterización conceptual que permite construir el último eje.

El último eje presenta las conclusiones de las reconstrucciones conceptuales que se establecieron a través del análisis realizado al documento original ya mencionado; se resalta que estas construcciones se basaron solo en este documento¹ y que es una primera mirada.

5. Metodología

Los estudios histórico-críticos son pertinentes para la enseñanza de las ciencias, pues se realizan a documentos originales y fuentes primarias que muestran los aportes de las construcciones conceptuales que realizaron los científicos para comprender las teorías científicas, pero no se implementan con mucha frecuencia en la enseñanza tradicional de la física en las aulas escolares.

Por lo tanto, este trabajo utilizará como herramienta metodológica la realización de un análisis histórico-crítico, el cual busca desvelar lo que ciertos autores concebían acerca de los fenómenos de acuerdo al contexto en el que fueron evidenciados, ya que, al realizar seguimiento de la evolución que tiene la noción o concepto específico, se establece un diálogo con los autores a

¹ Maxwell, J. (1881). *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC.

través de los escritos originales, con el fin de comprender cada fenómeno abordado. *A su vez, se establece una nueva mirada que permite ver viejos problemas con nuevos ojos*, por lo tanto, se plantea realizar un análisis al documento original UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD, con el fin de tener un acercamiento de carácter constructivo, y establecer que un análisis histórico-crítico es una forma pedagógica de reconstruir los saberes científicos para la enseñanza de la física (Ayala, 2006), y en este caso llevará a una autocomprensión de la reconstrucción de los conceptos conductor, aislador y superficie equipotencial.

6. Conclusiones

Se concluye que, el documento original escrito por James Clreck Maxwell (1881) y titulado UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD (Maxwell, 1881), permitió asumir un papel para los estudios históricos y de qué manera estos pueden renovar la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Surgieron varios interrogantes respecto a cómo destacar la importancia del concepto, el uso de los análisis histórico-críticos y la realización de experimentos en el aula.

Por lo tanto, el concepto es un instrumento de conocimiento y no es una construcción cognitiva aislada, estática y mecánica, puesto que en este ejercicio de autoformación se presenta el concepto como una construcción cognitiva que sufre cambios a medida que se desarrolla una mejor comprensión de los saberes científicos.

Los estudios histórico-críticos, permiten que el maestro ubique el conocimiento de acuerdo a los diferentes ámbitos y necesidades, en este caso de autoformación el conocimiento se ubicó en la reconstrucción de los conceptos conductor, aislador y superficie equipotencial, a partir del análisis realizado a los apartados del libro mencionados en el trabajo, para así tener una mejor comprensión de ellos y poderlos recontextualizar en el aula con criterio.

La ciencia se debe presentar a los alumnos de una manera no sesgada ni estática, a lo contrario se debe presentar como intervenciones culturales donde el conocimiento científico no será presente como una verdad indiscutible y el estudiante podrá recontextualizar la teoría a través de los conocimientos previos.

El experimento en el trabajo se evocó a ser más descriptivo en el ejercicio de autoformación, a partir de las descripciones que Maxwell realiza en su documento para contar lo que él observó y lo llevó a describir y caracterizar algunos saberes científicos sobre la electricidad. Pero, este ejercicio permitió comprender que el experimento no es una herramienta de verificación que se debe usar para que el estudiante le crea al maestro, esta herramienta se debe utilizar para reconstruir los saberes científicos desde el análisis y crítica a lo observado.

Por lo tanto, se estable el siguiente acercamiento conceptual.

Conductor: Se identifica como elemento conductor la bandeja, la hoja de oro, la barra de metal y el cuerpo humano, ya que, la interacción entre estos materiales fue producir una chispa, la cual evidencia que hay presente una descarga eléctrica entre los objetos conductores.

Aislador: Se identificó que los cuerpos que se clasifican como aislantes si poseen cualidades eléctricas que soportan la interacción entre los elementos conductores. Se establece que todo cuerpo que entra en interacción, pero no produce ninguna chispa se clasificará como muy buen aislante, y se puede afirmar que no se evidencia una descarga eléctrica. En el experimento los elementos no conductores fueron las copas, y los trozos de papel y barra de ámbar

No conductor: Se llama no conductor al material que no entra en interacción y no sirve de soporte de electrificación entre los materiales conductores.

Superficie equipotencial: Se identificó que, si se el valor del potencial es el mismo a lo largo de los diferentes puntos del camino de una región de la superficie de un conductor como la bandeja o la hoja de oro, se denominara superficie equipotencial.

Elaborado por:	Leidy Dayan Alonso Tinoco
Revisado por:	John Eduard Barragán Parra

Fecha de elaboración del Resumen:	17	06	2019
--	----	----	------

Contenido

	Pág
Figuras.....	XI
Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	3
Hipótesis	5
Objetivo general.....	5
Objetivos Específicos	5
Antecedentes.....	6
1. Capítulo 1	7
1.1. La importancia de la reconstrucción conceptual.	7
1.2. Construcción de un análisis histórico-crítico	12
1.3. El experimento como medio de reconstrucción conceptual	18
1.4. Conclusión	20
2. Capítulo 2.	24
Reconstrucción de los experimentos electrostáticos UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD de James Clreck <i>Maxwell</i> (1881)	24
2.1. Electrificación por fricción	25
2.1.1. Descripción Experimental – electrificación por fricción	25
2.1.2. Análisis	28
2.1.3. Resultados	30
2.2. Electrificación de un conductor.....	31
2.2.1. Descripción experimental - Electrificación de un conductor	32
2.2.2. Análisis	36
2.2.3. Resultados	40
2.3. Electrificación positiva y negativa	43
2.3.1. Descripción experimental.....	44
2.3.2. Análisis	47
2.3.3. Resultados	47
3. Capítulo 3.	49
Reconstrucción del concepto de superficie equipotencial UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD de James Clreck <i>Maxwell</i>, (1881).	49
3.1. Fuerza electromotriz	49
3.1.1. Análisis	50
3.2. Potencial eléctrico	51
3.2.1. Análisis	52
3.3. Superficie equipotencial.....	53
3.3.1. Análisis	54
4. Conclusiones.....	57
4.1. Conductor y Aislador.....	58
4.2. Superficie equipotencial.....	62

5. Anexos: se presentan las traducciones de algunos apartados del texto AN ELEMENTARY TREATISE ON ELECTRICITY de James Clerk Maxwell, (1881).....	63
5.1. Electrification by friction.....	63
5.1.1. La electrificación por fricción	64
5.2. Electrification of a conductor	66
5.2.1. Electrificación por conducción.....	67
5.3. Positive and negative electrification.....	68
5.3.1. Electrificación positiva y negativa	69
5.4. Electromotive force	70
5.4.1. Fuerza electromotriz	71
5.5. Electric potential	72
5.5.1. Potencial eléctrico	72
5.6. Equipotential surfaces	73
5.6.1. Superficie equipotencial.....	74
6. Bibliografía.....	75

Figuras

	Pág.
FIGURA 1. PROPUESTA DE MOREIRA SOBRE LA ENSEÑANZA DE CONCEPTOS.....	11
FIGURA 2: TABLA DE RELACIONES CONCEPTUALES, AUTORÍA PROPIA.....	22
FIGURA 3, EXPERIMENTO I, ELECTRIFICACIÓN POR INDUCCIÓN, PRIMERA FASE, AUTORÍA PROPIA.....	26
FIGURA 4, EXPERIMENTO I, ELECTRIFICACIÓN POR FRICCIÓN, RESULTADO, AUTORÍA PROPIA.....	27
FIGURA 5, TABLA COMPARATIVA DEL CONCEPTO DE CONDUCTOR EN TEXTOS EDUCATIVOS.....	31
FIGURA 6, EXPERIMENTO II, ELECTRIFICACIÓN DE UN CONDUCTOR, PRIMERA FASE.....	32
FIGURA 7, EXPERIMENTO II, ELECTRIFICACIÓN DE UN CONDUCTOR, SEGUNDA FASE.....	33
FIGURA 8, EXPERIMENTO II, ELECTRIFICACIÓN DE UN CONDUCTOR, RESULTADO.....	34
FIGURA 9. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO DE LA COMETA DE FRANKLIN (ARRIBA IZQUIERDA). EN SU <i>HISTORY AND PRESENT STATE OF ELECTRICITY</i> (1767), PRIESTLEY, SOSTIENE QUE BENJAMÍN FRANKLIN, DURANTE EL EXPERIMENTO, FUE AYUDADO POR SU HIJO WILLIAM FRANKLIN (1730-1813). LA VARIADA ICONOGRAFÍA DEL EXPERIMENTO, SOBRE TODO DURANTE EL SIGLO XIX, REFLEJA ESTA CIRCUNSTANCIA.....	35
FIGURA 10, REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA DESCARGA ENTRE LA PERILLA METÁLICA Y EL CONTACTO DEL CUERPO HUMANO.....	37
FIGURA 11, TABLA COMPARATIVA DE EXPERIENCIAS ELECTROSTÁTICAS.....	38
FIGURA 12, TABLA COMPARATIVA DEL CONCEPTO DE AISLADOR.....	43
FIGURA 13, EXPERIMENTO III, ELECTRIFICACIÓN POSITIVA Y NEGATIVA.....	44
FIGURA 14, DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LA REPULSIÓN Y ATRACCIÓN DE LA ESFERA DE SAUCO, TÉNGASE EN CUENTA QUE EL TIEMPO DE DURACIÓN DE LA ESFERA EN CADA BANDEJA CUANDO ESTA ES ATRAÍDA ES CORTO.....	45
FIGURA 15, DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LA REPULSIÓN DE LAS ESFERAS DE SAUCO, QUE PREVIAMENTE FUERON ALTERADAS ELÉCTRICAMENTE AL TENER CONTACTO CON LA BANDEJA 1, QUE TAMBIÉN SE ENCONTRABA CARGADA.....	46
FIGURA 16, DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LA ATRACCIÓN DE LAS DOS ESFERAS DE SAUCO, AL SER ELECTRIFICADAS POR DIFERENTE BANDEJA.....	46
FIGURA 17, ESQUEMA DE CARACTERIZACIÓN CONCEPTUAL DE LOS CONCEPTOS AISLADOR Y CONDUCTOR.....	51
FIGURA 18, TABLA DE COMPARATIVA DEL CONCEPTO DE POTENCIAL ELÉCTRICO EN LOS TEXTOS ESCOLARES.....	53
FIGURA 19, TABLA COMPARATIVA DEL CONCEPTO DE SUPERFICIE EQUIPOTENCIAL.....	55
FIGURA 20, CUADRO CONCLUYENTE DE LA RECONSTRUCCIÓN DE CONCEPTOS DE CONDUCTOR Y AISLADOR.....	61

Introducción

Esta investigación tiene como objetivo de estudio la construcción de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial a partir de los apartados y experimentos expuestos en el texto *UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL* (Maxwell, 1881).

El primer capítulo establece una transversalidad entre las construcciones conceptuales y las experimentaciones que se pueden llegar a desarrollar en el aula, sin olvidar que el eje es la reconstrucción histórica, pues es vital reconocer que todas las experiencias datadas por los científicos tuvieron y tienen una finalidad en la construcción de teorías o explicaciones científicas. Por lo tanto, la transversalidad histórica de los conceptos permite establecerlos como recurso didáctico para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Ayala, 2006).

El segundo capítulo, se describe las primeras experimentaciones que relató Maxwell (1881), las cuales fueron tomadas del texto original; se presentan sus respectivos análisis y se establecen los primeros acercamientos a la reconstrucción conceptual de conductor y aislador, que a su vez están vinculados con la construcción del concepto de superficie equipotencial. También, se realiza un paralelo entre las experiencias descritas por Maxwell, Franklin y las relatadas por la cotidianidad del ser humano. Cumpliendo con los objetivos de reconstruir las experiencias halladas en el análisis histórico-crítico al texto *UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD* (Maxwell, 1881) e identificar las características conceptuales de conductor, aislador y superficie equipotencial.

En el tercer capítulo, se relatan algunos apartados del documento original con su respectivo análisis, permitiendo evidenciar que el trabajo de construcción experimental que realiza el autor lo lleva a comprender las interacciones que hay entre la materia, y a describir el concepto de superficie equipotencial.

En el último, se establecen las reconstrucciones conceptuales realizadas a través del análisis histórico-crítico. Se concluye que, los fenómenos eléctricos comienzan a aparecer y en particular la electrostática, a través de pequeñas anécdotas accidentales en las cuales se evidencia efectos extraños que se clasifican como electrostáticos. A continuación, enumeraremos tres:

1. La sensación que se tiene cuando el cuerpo del ser humano recibe una descarga eléctrica pequeña. (Descarga que ocurre cuando un cuerpo conductor esta electrificado y tiene contacto con el ser humano).
2. Los rayos que se perciben en una tormenta eléctrica.
3. Al peinar el cabello seco de una persona, éste es atraído por la peinilla.

Estas son algunas de las experiencias que se pueden llegar a tener, pues hasta ahora no se cuenta con un conjunto ordenado y coherente que describa en su totalidad los fenómenos eléctricos; pero sí se puede contar con las experiencias sensoriales que han permitido acercarse a su explicación fenomenológica. En el texto original analizado se identificó varias series de experimentos que establecieron un inicio para la reconstrucción de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial.

Por ejemplo, una de las experiencias relatadas por Maxwell (1881) fue llamada *electrificación por fricción*, esta menciona que al frotar una vara de ámbar con un trozo de seda se alteran sus cualidades eléctricas y permite atraer ligeros trozos de papel. Con esta experiencia se concluye que los materiales presentan un comportamiento diferente si previamente son “alterados”, es decir sus cualidades eléctricas permiten atraer cuerpos, al alterar su taxonomía.

Por último, se concluye que, las experimentaciones descritas en el documento original permiten establecer que en los cuerpos se presentó un equilibrio eléctrico y éste se logra identificar como un "Estado de electrificación" de un sistema formado por conductores. A partir de este análisis, se da una propuesta en la construcción del potencial eléctrico como una magnitud que da cuenta de ese estado de electrificación en la que los cuerpos se encuentran y dicho estado se podrá identificar en la superficie del elemento conductor electrificado (Tarazona & Medina, 2011).

Por lo tanto, estas conclusiones están guiadas a presentar las reconstrucciones de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial, también podrán encontrar cuadros que organizan la construcción conceptual de los conceptos.

Planteamiento del problema

Se ha evidenciado que la formación del docente se está encaminando a la entrega de una serie de herramientas disciplinares que solo reflejan la transmisión de contenidos teóricos. Por lo que este trabajo se apoya de la reconstrucción histórica de las ciencias como un “recurso” para el desarrollo de discusiones epistemológicas de la ciencia, las cuales permiten realizar reflexiones sobre el quehacer científico y orientar de manera más eficiente el conocimiento. Por lo tanto, es importante resaltar que el análisis a los documentos originales rescata las reflexiones sobre los conocimientos científicos, permitiendo reconstruir y comprender los conceptos físicos. Teniendo en cuenta que, el proceso de análisis mencionado es fundamental para la formación y autoformación del maestro, pues ayuda a orientar su labor pedagógica, así que, se debe estar actualizando en este tipo de estudios históricos. (Ayala, 2006).

La forma como tradicionalmente se enseña la física ha dado lugar a múltiples artículos e investigaciones en todo el mundo, pues se han encontrado dificultades conceptuales en los estudiantes y los profesores (Viennot, 2002), de modo que este documento aporta una metodología pedagógica que puede contribuir a la disminución de las dificultades *conceptuales* a partir de la reconstrucción conceptual que se lleva a cabo a través de los estudios históricos-críticos, los cuales permiten una recontextualización de los saberes científicos con el fin emplear la historia como herramienta de enseñanza-aprendizaje.

Sin embargo, hay que tener cuidado con establecer un proceso diferente en llegar a definir una palabra y establecer el concepto de esta, por lo tanto, según Zarragoicoechea (2011) “*construcción mental, por medio de la cual comprendemos las experiencias que emergen de la interacción con nuestro entorno.*” (Zarragoicoechea, 2011), y según el diccionario de la real academia española “*Proposición que expone con claridad y exactitud los caracteres genéricos y diferenciales de algo material o inmaterial.*” (Real academia española, 2011), por consiguiente, es esencial fortalecer las estrategias de enseñanza que permiten construir y comprender los conceptos desde los análisis histórico-crítico, pues al realizarlo a partir de los textos originales se

mejora la comprensión de los fenómenos físicos y los diferentes conceptos que describen dicho fenómeno.

Unos ejemplos de la presentación “tradicional” de los conceptos en algunos textos es la siguiente:

“conductor es donde los iones pueden moverse libremente. En los conductores líquidos o gaseosos, los iones de los dos signos pueden moverse. En los metales, la experiencia muestra que solamente se mueven los electrones. Esto se debe a que los electrones de las órbitas más externas son poco unidos a los núcleos; aisladores, en donde los iones no pueden moverse, esto se debe a que todos los electrones están fuertemente unidos a los núcleos.” (Valero, 1994).

“los materiales en los cuales las cargas no se mueven con facilidad se denominan aisladores eléctricos, los materiales, tales como los metales, que permiten que las cargas se desplacen con facilidad, se llaman conductores eléctricos.” (Zitzewitz & Neet, 1995).

De los anteriores ejemplos, cabe resaltar que los conceptos como se presenten están ligados a la forma en como el sujeto desarrolla el proceso cognitivo. Para Amestoy de Sánchez (2004), existen nueve fases que efectúa el aprendizaje de los conceptos para formar algún conocimiento, las cuales son: observación, comparación, relación, clasificación, ordenación, clasificación jerárquica, análisis, síntesis y evolución (Amestoy de Sánchez, 1995), resaltando que la observación permite percibir el fenómeno y a su vez identificar sus características, de esta misma manera James Clerk Maxwell (1881) ha elaborado la descripción de los fenómenos electrostáticos.

Por lo tanto, se planteó la realización de un análisis histórico-crítico al documento mencionado, para orientar la reconstrucción conceptual que se hizo a través del primer apartado de James Clerk Maxwell (1881), sin olvidar que los procesos de enseñanza que se desarrollaran en este documento llevan a un posible aprendizaje en los estudiantes y docentes, pues al elaborar las reconstrucciones conceptuales se pueden ir anclando a las experiencias sensoriales y las culturales que el ser humano tiene, las anteriores consideraciones fundamentan el problema y llevan a preguntarse:

¿Cómo las descripciones experimentales de los apartados del texto *UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL* contribuyen a la reconstrucción de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial?

Hipótesis

El análisis histórico-crítico al documento original *UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL (1881)*, permite realizar un ejercicio de autoformación y aporte a la formación disciplinar y pedagógica de los docentes de física a través de la reconstrucción y uso de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial, relacionados con las temáticas de la electrificación y la electricidad.

Objetivo general

Esbozar las reconstrucciones conceptuales de conductor, aislador y superficie equipotencial, a partir de un análisis histórico-crítico a los experimentos y apartados sobre los fenómenos electrostáticos que se encuentran descritos en el texto *UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL*.

Objetivos Específicos

- Desarrollar una revisión bibliográfica sobre la construcción de conceptos, el experimento y la enseñanza de los saberes científicos.
- Desarrollar las traducciones de los apartados necesarios del texto *UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL (Maxwell, 1881)*.
- Describir algunos experimentos y apartados del texto *UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD DE JAMES CLERK MAXWELL (Maxwell, 1881)*, para reconstruir los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial.
- Comprender conceptualmente los elementos centrales: conductor, aislador y superficie equipotencial a partir de la reflexión del análisis histórico-crítico.

Antecedentes

Para el tema de investigación, se consultaron varias bases de datos de las Universidades de Colombia, y se encontraron cuatro referentes importantes para el desarrollo del trabajo;

En primer lugar, se resalta la monografía de Maria Mercedes Ayala y Luz Dary Rodríguez 1996 (Ayala, M. M., & Rodriguez, L. D. (1996). LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. CUADERNOS SOBRE HISTORIA Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. REPRESENTACIONES II. SOBRE LA CIENCIA Y EL CONOCIMIENTO, 75-96, el cual, proporciona una información importante para poder evaluar el papel de la historia de las ciencias en relación con la 6 enseñanza y el carácter histórico permite organizar los conceptos e indagar la comprensión que los sujetos tienen de los mismos.

Segundo lugar, tenemos a María Mercedes Ayala, Sandra Sandoval Osorio, Francisco Malagón Sánchez, & Liliana Tarazona Vargas (2006), con una monografía que se titula EL EXPERIMENTO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS COMO UNA FORMA DE ORGANIZAR Y AMPLIAR LA EXPERIENCIA, este muestra el papel que tiene el experimento en la construcción de conocimiento, allí se expone que la experiencia del ser humana está ligada a las interacciones que se tengan con la materia, pues así se puede ampliar y organizar dicho conocimiento, (Ayala, Sandoval, Malagón, & Tarazona, 2006).

En tercer lugar, tenemos el libro de James Clerk Maxwell (1881) AN ELEMENTARY TREATISE ON ELECTRICITY, este libro describe los apartados experimentales que el autor empleo para realizar una construcción conceptual y teórica para comprender los fenómenos electrostáticos desde el fenómeno de la chispa (Maxwell, J. C. (1881). An Elementary Treatise On Electricity. New York: Dover publicstions, Inc).

Por último, Milton Tarazona y Julián Mediana (2011), con un trabajo de grado titulado, EL PAPEL DEL EXPERIMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO FÍSICO, EL CASO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL POTENCIAL ELÉCTRICO COMO UNA MAGNITUD FÍSICA. ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA EN LA FORMACIÓN INICIAL Y CONTINUADA DE PROFESORES DE FÍSICA, este documento permite reflexionar sobre las propuestas de enseñanza en la electrostática, ya que argumenta que se debería comenzar por ampliar y organizar las experiencias relacionadas con la electrostática y progresar en los grados de ordenación e identificación de cualidades y procesos de medición de estas.

1. Capítulo 1

En este capítulo se desarrollarán las reconstrucciones epistemológicas y conceptuales de los estudios histórico-críticos y el aporte que brindan al desarrollo integral de la enseñanza de la física, a través de las descripciones conceptuales.

1.1. La importancia de la reconstrucción conceptual.

La construcción de un concepto le permite a los docentes y estudiantes relacionar los diferentes contextos cotidianos con las teorías que los científicos han construido para comprender cada suceso, de manera que se puede interpretar, reconstruir y dar explicaciones a las fenomenologías que se plantearon algunos científicos, por ende, las aproximaciones a las explicaciones descritas por ellos, en un principio, hacen posible la investigación y reconstrucción conceptual.

Con esto se quiere decir que el docente es quien interviene y guía las actividades del estudiante para que se construyan enseñanzas que se obtienen durante las experimentaciones en el aula, la realización de debates, la construcción de mesas redondas o en la realización de clases teóricas, donde no se debe permitir tornar las enseñanzas de la clase como una simple transmisión de saberes, técnicas y procedimientos científicos, y no obstante, también le permite realizar un proceso de reconstrucción conceptual a partir del aprendizaje de los estudiantes, de modo que se obtiene una retroalimentación dual entre maestro-estudiante, ya que el estudiante y docente comienzan a orientar las experiencias y aprendizajes hacia una construcción conceptual.

Greca (2001), describe que el aprendizaje de conceptos es nombrado con frecuencia en la construcción de rutas didácticas y planeaciones de clases, por lo tanto, el concepto es importante

para la comprensión, que desarrolla cada ser humano, del entorno que lo rodea. Esto permite que tenga un desenvolvimiento cognitivo en la construcción de explicaciones experimentales y científicas.

“No son pocas las veces en las que hablamos de aprendizaje de conceptos, de cambio conceptual, de conceptos erróneos, implícitos o, al menos, diferentes de aquéllos que queremos enseñar” (Greca , 2001)

Y Moreira (2008) afirma: *La importancia de los conceptos es ignorada en la escuela, en especial en la escuela científica. Los profesores de ciencias y matemáticas no dan atención a los conceptos, prefieren las fórmulas, los algoritmos, las reglas empíricas, las demostraciones y experimentaciones que siempre funcionan. Pero no se ha tenido en cuenta que los conceptos son contruidos por los científicos y matemáticos para generar una mejor comprensión del entorno que rodea al ser humano, no obstante, los conceptos permiten desarrollar los campos de conocimiento.* (Moreira, 2008)

Los aprendizajes que se generan a través de las reconstrucciones conceptuales siempre generan la formación de disonancias cognitivas², las cuales permiten que el docente y estudiante desarrolle una mejor comprensión de los fenómenos físicos que rodean al ser humano, por esta razón, se debe evitar planear clases donde las rutas didácticas solo apunten a la transmisión de teorías científicas y la realización de experimentos sin un propósito propuesto hacia los estudiantes que genere una enseñanza o permita la reconstrucción de los saberes científicos. (Moreira, 2008)

Teniendo en cuenta que, los análisis que se llevan a cabo dentro del proceso cognitivo y comunicativo entre los docentes y estudiantes permiten enriquecer las diferentes disciplinas científicas de investigación, y afianzar las estrategias de enseñanza-aprendizaje de los conceptos, así que, no solamente el docente difunde, apropia y reconstruye los saberes científicos por medio de las experiencias, sino también aporta a la historia, la cual es utilizada y empleada como recurso didáctico para los maestros de ciencias. (Ayala, 2006).

² Disonancia cognitiva: León Festinger postuló la teoría de la disonancia cognitiva, según ésta cuando tenemos pensamientos contrapuestos o contradictorios entre sí nos produce un malestar psicológico, y para evitarlo ponemos en marcha mecanismos para hacernos volver a la coherencia y resolver nuestras propias discrepancias.

Y según Moreira: “*El progreso investigativo científico surgió a través de los conceptos, por consiguiente, toma importancia comprender el proceso de enseñanza/aprendizaje de los conceptos en la escuela*” (Moreira, 2008).

Por otra parte, también las estructuras conceptuales que describen las fenomenologías están conectadas al lenguaje matemático y pocas veces se explica su relación, lo cual causa que los estudiantes no estructuren un sentido conceptual-matemático o matemático-conceptual, y a su vez, aporten a las explicaciones conceptuales de las demostraciones matemáticas del fenómeno. De ahí que, el docente debe promover la investigación y la actualización de los saberes científicos, puesto que le permite reconstruir y relacionar las demostraciones matemáticas con la conceptualización, a través de las experiencias desarrolladas dentro de las investigaciones. (ibíd.)

No obstante, según Nersessian (1992) se puede expresar que en un inicialmente se realiza una construcción conceptual, la cual se obtiene de un proceso mental y posteriormente se puede relacionar con la codificación de teorías científicas que hace el ser humano. A continuación, observe la relación que tiene el concepto, en las palabras de Nersessian:

“El pensamiento acerca y en términos de una teoría necesita la construcción de modelos mentales. Mientras los conceptos científicos pueden ser codificados proposicionalmente, su comprensión implica interpretación, construcción de un modelo mental de las entidades o procesos que ellos representan. Así, lo que los filósofos han venido llamando "significado" y "referencia" es, en esta visión, mediado por la construcción de modelos mentales que relacionan el mundo de maneras específicas”. (Nersessian, 1992)

Por otra parte, se resalta que para comprender la importancia que tiene un concepto es fundamental conocer la trascendencia histórica y a su vez las interpretaciones conceptuales que se han presentado en los libros a través del tiempo. Ya que, permite realizar la codificación científica de los conceptos. De este modo Vigotsky (1995) expresa que:

“La formación del concepto es el resultado de una actividad compleja en la cual intervienen las funciones intelectuales básicas”. (Vygotsky, 1995)

El concepto entonces no es una construcción cognitiva aislada, estática y mecánica, éste sufre cambios y permite la comunicación, comprensión y resolución de problemas. En este sentido, los conceptos son un instrumento de conocimiento.

Jerry Fodor (1999) defiende la tesis bajo la cual los conceptos son partículas mentales del pensamiento, lo que implica que cada concepto es constituido por partículas mentales, y considera que los conceptos son los que conforman el núcleo de una ciencia cognitiva, por ende, el ser humano se debe ocupar en la teoría atomista de los conceptos, ya que, son partículas mentales que funcionan como causa y efecto, es decir que al interactuar el sujeto con un fenómeno las partículas mentales que posee permearán el pensamiento cognitivo, de modo que generará una construcción más amplia a partir de los conceptos previos del sujeto. A continuación, aspectos importantes que Fodor resalta:

1. Los conceptos son categorías mentales, las cuales se emplean cotidianamente, es decir que el sujeto está categorizando o estructurando los conceptos que previamente va adquiriendo a través de las experiencias que tienen con su entorno.
2. Los conceptos son los constituyentes de los pensamientos, ya que estos se generan por medio de las representaciones mentales que se realizan, para comprender el concepto a partir de las proposiciones que lo describen.
3. Un gran número de conceptos se deben aprender, es decir, a través de las experiencias que se establezcan con el entorno que rodea al sujeto, se llegan a generar más partículas mentales. (Fodor., 1999).

Por último, encontramos a Ernst Mayr (1998), considera que los conceptos son claves para el progreso cognitivo, ya que las construcciones de nuevos conceptos permiten que progrese la ciencia, porque no se puede pensar que la ciencia es una acumulación de descubrimientos y representaciones experimentales que describen fenomenologías sin generar un progreso cognitivo, por lo tanto, se puede afirmar que a través del progreso cognitivo sobre los conceptos se pueden describir todos los sucesos que perciben los hombres (Mayr, 1998).

El siguiente esquema propuesto por Moreira pretende proponer una manera de organizar, implementar y evaluar la enseñanza, desde una perspectiva en la que los conceptos tienen un papel importante para el aprendizaje que se da en cada aula de clase. (Moreira, 2008).

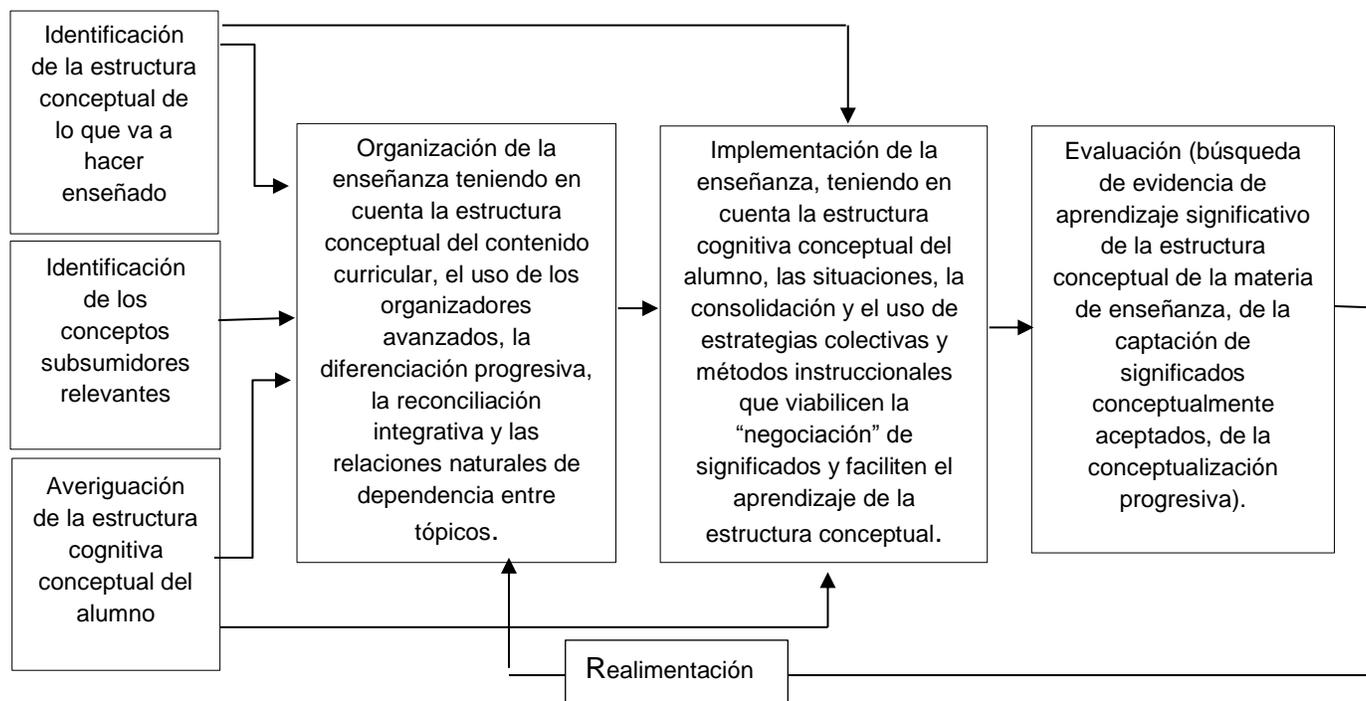


Figura 1. Propuesta de Moreira sobre la enseñanza de conceptos (Moreira, 2008).

Por lo tanto, los estudiantes y docentes cuando desarrollan actividades que establezcan ejercicios de construcciones conceptual fortalecerán las habilidades argumentativas, la organización de las ideas previas y la realización de una contextualización de los saberes, se puede establecer que:

- ✓ La participación de varios sujetos en los procesos de reconstrucción o construcción de conocimiento genera que elaboren y desarrollen estructuras conceptuales que les ayude a comprender y actuar en la realidad que los rodea.
- ✓ El conocimiento previo de los sujetos se vuelve comprensible, flexible, reorganizable y compartible; puesto que, al llevar a cabo una construcción conceptual a partir del conocimiento previo reconstruye información que describe alguna fenomenología que observó o percibió en el entorno.

- ✓ Amplía sus experiencias, por medio de los diálogos que establecen con las personas que lo rodean y de la información que circula por el medio cultural³.

1.2. Construcción de un análisis histórico-crítico

La construcción de un análisis histórico-crítico se lleva a cabo cuando se realiza una investigación o más que ésta, una recopilación de información para la reconstrucción de conceptos, experimentos, etc., utilizando los documentos originales de los diferentes científicos que aportaron a la ciencia, por consiguiente, en la construcción de este tipo de análisis se debe tener en cuenta el impacto que tendrá en la identidad cultural del ser humano, ya que, la ciencia más que ser una recolección de saberes con carácter de verdad absoluta, es una actividad realizada por un grupo de seres humanos que han venido construyendo y conformando históricamente los diferentes trabajos que han dado explicación a diferentes cuestionamientos del ser humano y los cuales son válidos para las explicaciones sobre las fenomenologías que se han evidenciado en el mundo (Ayala, 2006).

Partiendo de la siguiente hipótesis: En el ámbito de la didáctica de las ciencias, aún no se construye una idea clara sobre el lugar que ocupan los estudios históricos-críticos en las actividades del aula, pero téngase en cuenta que, la función que cumple dentro del análisis y la reconstrucción conceptual es muy importante para entender las diferentes fenomenológicas, sin embargo, se ha hecho difícil establecer las implicaciones y aportes que tiene este tipo de estudios sobre el aprendizaje de los saberes científicos (Orozco, 2005).

Lo anteriormente expuesto, lleva a cuestionar la naturaleza y características de los estudios histórico-críticos en la educación, para dar respuesta a esto se resalta la importancia y relevancia que tiene este tipo de estudios, ténganse en cuenta que a mediados del siglo XX los estudios histórico-crítico fueron importantes puesto que permitieron mejorar la comprensión de las

³ Tomada de Moreira, 2008, (p 19), conceptos en la educación científica: ignorados y subestimados.

actividades científicas, el desarrollo del conocimiento disciplinar y la valorización crítica de las teorías (Orozco, 2005).

De manera que, los trabajos sobre los fundamentos de la física aparecen por sí mismos como una rama de la física teórica, que trata de manera técnica aquellas cuestiones que se sitúan en la frontera de la física, la lógica y la epistemología (Cohen, 2003).

Por lo tanto, la realización de este tipo de trabajos permite guiar y orientar las reconstrucciones conceptuales y posteriormente los fundamentos teóricos de la ciencia. Así mismo, de las consideraciones resaltadas anteriormente, se puede decir que, es fundamental relacionar el concepto con el significado y su definición, ya que, se relaciona con las experiencias que se construyen en el diario vivir del ser humano y el medio cultural científico que permea las teorías científicas que describen cada fenómeno natural.

Es decir, que las investigaciones que se realicen son muy importantes para la difusión, apropiación y reconstrucción de los saberes científicos que tienen los sujetos y a su vez, contribuyen a la formación de los docentes. Esta rama investigativa toma un papel primordial para ellos, puesto que ayuda a la orientación de su labor pedagógica poniendo en contexto el carácter constructivo del conocimiento científico y su historicidad.

El estudio de los textos originales se centra en la orientación de la recontextualización de saberes que podemos rescatar a través de la historia, y en este medio un docente debe ser formado, sin olvidar que este también tiene que actualizarse con frecuencia, puesto que, la historia que se va construyendo a través del tiempo puede ser reconstruida y cambiada. En consecuencia, la recontextualización conceptual actualiza las teorías científicas, pues al pasar el tiempo los conceptos son fortalecidos por medio de los trabajos que los docentes, estudiantes y científicos reconstruyen al realizar los análisis históricos-críticos (Ayala, 2006).

Así que, este tipo de estudios permite evolucionar en las estructuras conceptuales y métodos. Ernst Mach⁴ (1838-1916) es el primer científico en resaltar que el carácter histórico toma

⁴ Entre las obras de Mach más destacadas, pueden ser citadas: "Historia y fundamentos del principio de la conservación del trabajo" (1872), "Desarrollo histórico-crítico de la mecánica" (1883) -texto que desde un comienzo

relevancia desde la perspectiva evolutiva, ya que, si los conceptos no son puestos a discusión, evaluados o reconstruidos no se genera un progreso en la ciencia, es decir que solamente se divagaría en ella, sin tener reconstrucciones de saberes que generen nuevas conclusiones y explicación que aporten al conocimiento del ser humano. Por lo tanto, el carácter histórico permite organizar los conceptos e indagar la comprensión que los sujetos tienen de los mismos. A su vez, proporcionar elementos que orientan o visualizan el sentido y orientación de la evolución que la ciencia tiene (Ayala & Rodríguez, La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias, 1996).

Lo anterior permite afirmar que, un estudio histórico-crítico se basa en el análisis de textos elaborados por pensadores que contribuyeron a la consolidación de las ciencias, y a su vez es un proceso de recontextualización de los saberes científicos (Ayala, 2006).

Entendiendo por recontextualización de saberes lo siguiente:

Para Palacio, Machado y Hoyos (2008), *“La recontextualización de saberes se refiere al paso del conocimiento del contexto de las ciencias al contexto cultural de los saberes en la escuela”* (Palacio, Machado, & Hoyos, 2008)

Pero para Gloria Álvarez (2005), la recontextualización de saberes apunta a la reelaboración de los saberes que circulan en varios contextos culturales y se incorporan en la construcción de los elementos sociales, políticos, religiosos, históricos y estéticos; en los que se produce el conocimiento, es decir, la reconstrucción de conocimiento se da a partir de las distintas experiencias culturales que tienen el hombre en los diferentes contextos, y trata de dar respuesta a las demandas de los nuevos escenarios científicos que el ser humano va descubriendo a través del tiempo (Álvarez, 2005).

La información anteriormente expuesta permite esclarecer que al realizar un análisis histórico-crítico no se busca encontrar el significado de un texto, ni de resaltar lo que ciertos autores concebían acerca de los fenómenos o descubrimientos particulares que se encontraron en

gozó de amplia difusión, se publicaron siete ediciones alemanas y se tradujo a los idiomas europeos más importantes-, "Desarrollo histórico-crítico de los principios de la termología" (1896) y "Desarrollo histórico y gnoseopsicológico de los principios de la óptica física" (1921)

el universo o simplemente resaltar el contexto en el que fueron elaborados, ni de hacer seguimiento de la evolución de una noción o concepto específico. Lo que realmente se pretende es trascender de un contexto cultural a uno científico, a través del diálogo que se tiene con los autores de los escritos originales, con el fin de reconstruir y establecer las diferentes estructuraciones que se establecieron en cada fenómeno abordado y presentar una nueva mirada que permita ver viejos problemas con ojos nuevos, sin embargo, también es importante resaltar que existe una trascendencia de contexto científico al escolar, por lo que, a el análisis histórico-crítico que se realice a los documentos originales no tendrá un acercamiento de carácter objetivo sino constructivo, y termina siendo correlativa la reconstrucción de saberes, y así, construir opciones para la enseñanza de la física (Ayala, 2006).

Teniendo en cuenta que la historia de la ciencia ha sido una construcción humana, y que en ella se encuentra una diversidad de planteamientos históricos que el mismo ser humano ha construido a través del tiempo, se plantean las siguientes tres imágenes de la ciencia, para lograr una caracterización de ella:

1. La ciencia como sistema de verdades
2. La ciencia como una construcción del ser humano.
3. La ciencia como una forma cultural (ibíd.)

La primera imagen expone que la ciencia se centra en comprobar y verificar las teorías que describen las fenomenologías que suceden alrededor del hombre, por lo tanto, la historia que se escribe al pasar el tiempo permite reconstruir las concepciones teóricas a partir de los conceptos, para la comprobación de estas.

Por otra parte, encontramos la segunda imagen, en la cual se expone que el hombre es el autor de las construcciones teóricas, ya que es quien plantea y describe su entorno para entender su funcionamiento y los sistemas fenomenológicos que se pueden reconstruir para entender el entorno que lo rodea, no obstante, él genera reconstrucciones teóricas que orientan los saberes científicos, por medio de los conceptos que se reconstruyen a través de la experiencia común y la cultura científica, entendiendo la cultura científica como la herencia teórica que dejaron los diferentes científicos que aportaron a la ciencia.

Por último, la tercera imagen expone que la ciencia toma una forma cultural, puesto que la ciencia es una actividad humana y como tal es desarrollada por medio de las capacidades que posee el hombre, de manera que es desarrollada por grupos de seres humanos que tienen la capacidad de organizar los conocimientos que se adquieren a través de las experiencias que el hombre tiene en el aula o en el contexto que se encuentre, por consiguiente, se puede afirmar que las ideas científicas se alimentan de ideas que forman parte de la cultura común y viceversa, de manera que la cultura científica intercambia ideas con la cultura común, así que se nutre el conocimiento que estas poseen (Ayala, Malagón , & Sandoval , 2004).

Como ya se ha venido mencionado la ciencia es una reconstrucción conceptual permanente que realiza el hombre, y estas construcciones son llevadas a las diferentes áreas de la ciencia, puesto que es un intento del hombre por comprender la realidad que rodea a los seres humanos, ya que solo así podrá entender y realizar un modelo explicativo de los diferentes fenómenos que están presentes a su alrededor.

“... la historia de las ciencias deja de ser, entonces, la memoria de los logros del pasado para convertirse en la expresión misma de la naturaleza del conocimiento científico” (Ayala & Rodriguez, 1996).

La anterior cita permite comprender que la ciencia no hace parte de los logros del pasado, sino que está en el presente de las construcciones conceptuales que se construyen por las experiencias culturales y cotidianas que se tienen. Por lo tanto, para Mach (1883)⁵, *“la fuente primaria del conocimiento es la experiencia”*; y expone que la base del desarrollo de las ciencias está encaminada en la continuidad entre el conocimiento común y el conocimiento científico, por consiguiente, se plantea que la corriente histórico-crítica tiene en cuenta la concepción que el historiador tiene de la ciencia y resulta determinante para el tipo de historia que se quiera reconstruir (Ayala & Rodriguez, 1996).

Por esta razón, la historicidad de los conceptos no se debe basar solamente en la construcción que realiza el historiador o en las líneas del tiempo que se construyen para evaluar lo que se ha ido transformando, puesto que el científico o el hombre de ciencia es el responsable de

⁵ "Desarrollo histórico-crítico de la mecánica" (1883) -texto que desde un comienzo gozó de amplia difusión, se publicaron siete ediciones alemanas y se tradujo a los idiomas europeos más importantes-.

rescatar y abordar la historicidad de las ciencias desde un punto crítico y constructivo, pues se abre el camino para construir nuevas teorías científicas y no se debe contemplar la historicidad como la sistematización de las ideas, relatos de información pasada y/o como el relato de descubrimientos que cambiaron drásticamente la forma de vivir del ser humano.

Generalmente cuando se habla de historia el hombre automáticamente asocia este término con el pasado y recae sobre el historiador mostrar lo que realmente sucede, por esto, se propone como herramienta o recurso pedagógico el uso de análisis histórico-crítico a la documentación original, para la reconstrucción de los conceptos y las explicaciones fenomenológicas a través de discusiones críticas. Y se resalte la importancia que tiene el no aislarse de la cultura y los valores que resaltan la formación social del ser humano.

Se identifica que el papel que se ha venido observando del historiador en el campo de todas las ciencias es el de explorador, organizador e interpretador de archivos que son relevantes para la construcción de trabajos teóricos, y los cuales han permitido aportar a la comprensión de las teorías, pero no obstante también se percibe que la historia es contada por fragmentos, es decir que solo se habla de algunos determinados hechos del pasado y no de todos, lo que refleja que solo una parte del pasado es relevante para la ciencias, de lo anterior, se puede concluir que la historia que se ha logrado reconstruir a la fecha fue seleccionada por el historiador (investigador científico), lo cual lleva a pensar que el sujeto es independiente del objeto de estudio, pero algunas historias que se reconstruyen tienen un carácter subjetivo que es intrínseco a la historia formada. (Rodríguez, & Romero, 1999).

Por último, los docentes tradicionalmente pueden desarrollar diferentes estrategias didácticas que orienten las enseñanzas, y que a su vez cumplan con cada contenido disciplinar establecido por el Ministerio de Educación. Por lo tanto, hay diversidad en la manera de enseñar, en primera instancia está el tipo de educador más frecuente que es el que desarrolla las clases teóricas y las actividades experimentales se presentan a manera de comprobación y en segunda instancia está el tipo de educador menos frecuente, es el que toma como recurso la reconstrucción conceptual a partir de las discusiones históricas y epistemológicas sobre los saberes científicos, donde, la experimentación abre el camino a la exploración y reconstrucción de las experiencias vividas en la cotidianidad y las descritas en las distintas teorías científicas.

De lo mencionado anteriormente, se resalta que la revisión histórica y conceptual se debe constituir como un recurso didáctico para la labor del docente, puesto que contribuye a la reconstrucción conceptual de la ciencia, con el fin de comprender las teorías que se establecieron en épocas anteriores a la actualidad, no obstante, también aporta a la verificación, comprobación y relación de las demostraciones matemáticas y experimentaciones que se realizan en los avances científicos. El docente puede implementar el estudio y análisis de documentos originales, ya que, generan un conflicto cognitivo en los estudiantes, lo cual permite comprender mejor las fenomenologías. Por otra parte, abre caminos para que el docente utilice con mayor frecuencia los textos originales.

Así que, en este punto se plantea la construcción de un recurso didáctico de investigación, donde el papel más importante lo tome el estudiante, ya que permitirá que en ella se realice la reconstrucción de conceptos a través de los textos originales y permitirá establecer la conexión entre las experiencias sensibles que tiene cada alumno en su diario vivir con la cultura teórica de los científicos, sin olvidar que el docente es el ente dinamizador puesto que es quien permitirá establecer y guiar dicha conexión, esta se lleva acabo cuando el concepto, el experimento y los textos originales trasladan al estudiante a una comprensión del concepto y luego a cada teoría científica.

A continuación, hablaremos sobre la importancia que tiene desarrollar un buen experimento en el aula y de establecer este tipo de actividades como herramienta de construcción conceptual.

1.3. El experimento como *medio* de reconstrucción conceptual

La comprensión e interpretación de los fenómenos, es indispensable para la recontextualización de saberes que se construyen a través de las experimentaciones que el sujeto realiza en las aulas de clase. Por lo tanto, los maestros ven el experimento como una herramienta fundamental para la enseñanza de las clases de ciencias, pero el rol de esta herramienta didáctica debe ser siempre exaltado y no debe tornarse como simple complemento de la clase.

“La actividad experimental está cargada de presupuesto teórico a la vez que las teorías científicas exhiben siempre una carga experimental importante y además que la actividad científica en el aula es estéril si se prescinde de la actividad experimental. En este sentido, la actividad experimental no puede ser reducida a hechos de observación ni a ejemplificar las aplicaciones de la teoría, pues no basta con poner de presente algunas organizaciones o montajes experimentales para que se deriven de allí las construcciones teóricas o se comprendan las que se han dado en la ciencia”. (Ayala, Sandoval, Malagón, & Tarazona, 2006)

Comúnmente el rol del experimento en la clase de ciencias gira entorno a la construcción y comprensión de la fenomenología que se quiera reconstruir a través de él, por ende, se considera que desde el punto de vista pedagógico que la actividad experimental es poco relevante cuando se la reduce a la verificación de relaciones conceptuales construidas en el campo de la ciencia (ibíd.). Por consiguiente, la reconstrucción experimental debe estar ligada a la historia que fundamentó la construcción del artefacto, puesto que permitirá explorar y comprender la conceptualización que se construye a partir de su funcionamiento. Como afirma Malagón: *la experimentación no sólo es una fuente de verificación de hipótesis teóricas, sino que en principio jugaría tres roles:*

- ✓ *La organización de la experiencia y procesos de formalización como la construcción de magnitudes y formas de medida.*
- ✓ *El experimento permite plantear problemas conceptuales importantes para la enseñanza de las ciencias.*
- ✓ *La actividad experimental propicia la construcción o ampliación de una base fenomenológica o de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta teoría.* (Ayala, Sandoval, Malagón, & Tarazona, 2006)

Lo anterior tiene como objetivo ampliar y organizar las experiencias que el estudiante ha tenido, no obstante, permite realizar la construcción conceptual desde la observación y los datos obtenidos de la experimentación realizada, con el fin de generar un pensamiento crítico hacia lo observado. La ruta que el docente debería establecer está orientada a la reconstrucción y construcción conceptual, ya que, permite que se generen interrogantes, los cuales podrán tener una solución inmediata a través de la interacción del estudiante con el experimento y las discusiones críticas que se puedan dar.

Por consiguiente, responder la siguiente pregunta desde la didáctica de aula en la que se toma los estudios histórico-críticos como herramienta será muy fácil, dirán algunos lectores, pero no es así, pues la

respuesta puede ser distinta, ya que dependerá de la estrategia establecida o el rol del experimento en la clase.

¿Qué es lo que se busca con la actividad experimental?

(Ayala, Sandoval, Malagón, & Tarazona, 2006)

Con lo mencionado anteriormente, los docentes pueden vincular la experimentación con la construcción de los conceptos y/o simplemente establecer una demostración fenomenológica, pero téngase en cuenta que desarrollar la segunda postura podrá dificultar la construcción conceptual que lleve a cabo el estudiante, si él no tiene las herramientas cognitivas necesarias.

Así que cuando realmente el docente logre orientar la enseñanza y logre encaminar la experimentación a esta, el estudiante logrará permearse del conocimiento científico que el docente planeó previamente a la presentación y realización del laboratorio, de modo que se verá reflejado en la reflexión que el estudiante establece al concluir la experiencia fenomenológica, y también permitirá el dominio del lenguaje científico, el cual generará que sea más asertivo.

Abordar y disolver la contraposición entre el mundo de las ideas y el mundo sensible, manteniendo eso sí sus diferencias ostensibles y por ende evitando la reducción del uno al otro, ha requerido profundizar en la relación entre las prácticas experimentales y los procesos de formalización. (Malagón, Sandoval, & Ayala, 2013)

Y los elementos en los que se basa la anterior propuesta realizada por María Mercedes Ayala son:

- ✓ Los esquemas conceptuales.
- ✓ No existen esquemas conceptuales que no estén articulados a la experiencia sensorial.

Lo anterior permite comprender que los esquemas conceptuales son fundamentales para la organización de las experiencias que el sujeto tiene al interactuar con el experimento, y las cuales puede enriquecer con las experiencias cotidianas que este tenga previamente, lo cual genera una dinamización de la experiencia.

1.4. Conclusión

Este Capítulo permitió dar una mirada a tres aspectos importantes que el ser humano tiene a la mano, para la reconstrucción de saberes científicos, puestos que el docente desde la escuela planea la didáctica a

implementar, la cual puede ser orientada a reconstruir los conceptos a través de los estudios y análisis de textos originales, apoyándose de las representaciones experimentales, ya se han mencionado los tres aspectos pues cabe señalar que son:

1. Los conceptos que describen y dan sentido cultural y sensorial a las fenomenologías.
2. El uso de documentación original, la cual permite acercarse a la descripción del concepto desde la raíz cultural, dando lugar a los estudios histórico-crítico.
3. La experimentación que no se realiza con el fin de ser el medio verificable de las descripciones conceptuales del fenómeno, si no es una herramienta de reconstrucción conceptual, a través de las sensaciones experimentadas en la interacción con el experimento realizado.

Una vez situados en esta perspectiva, se puede empezar por establecer la relación entre historia, la experimentación y conceptualización de los saberes científicos; pero antes es importante destacar que el docente en la medida en que va interiorizando la manera de adquirir, desarrollar, apropiarse y afianzar los conocimientos científicos puede llegar a ser más propositivo frente a las reconstrucciones conceptuales de la ciencia e ir más allá del currículo que se ofrece en las políticas educativas, pues tiene la versatilidad de construir estrategias didácticas actualizadas y orientadas a la reconstrucción de los saberes científicos a través de los estudios histórico-críticos.

Así que dicha relación se identifica al reconstruir un saber científico, por esto los conceptos son el punto de partida para establecer la reconstrucción, ya que al identificar el concepto a reconstruir se podrán establecer e identificar los documentos originales a utilizar, pues siempre se debe clasificar la documentación para no ahondar en los textos sin sentido, por lo general en ellos se podrá encontrar relatos de experiencias, afirmaciones y construcciones conceptuales, las cuales se podrán reproducir por medio de las experimentaciones, recuerde que el experimento cumple con el papel de ser una herramienta o espacio de reconstrucción conceptual a través de las observaciones y argumentaciones establecidas por cada espectador. Por lo tanto, se lleva a los estudiantes a una apropiación de los conceptos en los distintos campos de la ciencia y no se llevan a la construcción de relatos sin sentido.

A continuación, se establece el aporte de los tres aspectos más importantes de este trabajo para llevar a cabo la construcción de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial.

Concepto	Historicidad	Experimento
El concepto es un instrumento de conocimiento y no es una construcción aislada, estática y mecánica. Estos sufren cambios y permiten tener una mejor	Imágenes de caracterización de la historia: la ciencia como sistema de verdades, la ciencia como una construcción del ser	Permite comprender las explicaciones teóricas a través de la observación y de la reconstrucción experimental, la cual da respuesta a los diferentes

comprensión de los saberes científicos.	humano y la ciencia como una forma cultural.	interrogantes que surgen de las lecturas realizadas a los textos originales.
Permite la recontextualización de los saber científicos, ya que, se construyen las respectivas explicaciones de los sucesos científicos que se desarrollaron y/o desarrollan para comprender las fenomenologías.	Configuran la lente teórica para establecer los saberes científicos que se establecieron a raíz de los conceptos que las describen.	
Establecen una conexión con la historicidad de las teorías, ya que por medio de ellos se permite la descripción teórica.	Establece un curso histórico de los diferentes conceptos que describen una teoría.	Permite establecer conexiones teóricas, por medio de los diferentes conceptos que las describen.
Permiten ser recontextualizados y reconstruidos para abordar y comprender las explicaciones teóricas.	Pone en claro las diferencias de fondo y forma entre las diferentes teorías a través de textos originales.	Se logra abordar y disolver la contraposición entre el mundo de las ideas y el mundo sensible.

Figura 1: Tabla de relaciones conceptuales, autoría propia.

En relación con lo mencionado, se han venido recogiendo reflexiones en torno a la manera más pertinente de abordar la didáctica y la ciencia en un enfoque historicista sobre el cual se enmarcará este trabajo, por consiguiente, *se tiene una serie de concepciones recogidas por el profesor Juan Carlos Orozco (1996) las cuales se señalan a continuación:*

- ✓ *Los estudios históricos permiten al docente de ciencias configurar una lente teórica que proporciona una importante información sobre el contexto de producción de las teorías científicas y de esa manera intentar recontextualizar y adaptar fenomenologías.*
- ✓ *Permite establecer el curso histórico de una teoría, desde su creación hasta su consolidación (o negación).*
- ✓ *Permiten poner de manifiesto la lógica de las teorías y el conocimiento científico, esto es clave en el sentido de poder realizar una pertinente recontextualización de los saberes científicos.*
- ✓ *Permiten poner en claro las diferencias de fondo y forma entre varias teorías (con la ayuda de textos originales), de este modo permitirá identificar al licenciado en ciencias la cosmovisión de los autores y de esa manera poder dilucidar y categorizar las características de las concepciones del mundo.*

- ✓ *Son una ruta para familiarizarse con las formas y metodologías de producción científica; y de paso es pertinente decir que también permite vislumbrar los estereotipos que le dan mayor peso a una teoría que a otras, pues en primer lugar humaniza el conocimiento, es decir, lo desmitifica.*

- ✓ *Permite esclarecer de manera concreta, las formas de transmisión, apropiación y legitimación de algunas teorías y en ese sentido pensar en el papel de la pedagogía en cuanto a la construcción de estas dinámicas.*⁶

Por lo tanto, en el capítulo dos se realiza la reconstrucción de los conceptos de conductor y aislador a través de las experimentaciones que describió Maxwell, también se expondrán las experiencias cotidianas que tiene el ser humano para establecer una relación con los sucesos teóricos expuestos en la historicidad de la electrostática.

⁶ Tomado del trabajo de grado: *Los estudios histórico-críticos en la formación de licenciados en física y ciencias naturales: el caso de la estructura de la materia de Roger Boscovich*, de John Alexander Acosta Poveda (2015) (Acosta, 2015), donde se resaltó el artículo *Consideraciones para un enfoque histórico-epistemológico de la enseñanza de las ciencias* de Juan Carlos Orozco C (1996). (Orozco, 1996)

2. Capítulo 2

En el Capítulo I de este documento, se resaltaron los aspectos más importantes que tiene la realización de los análisis históricos-críticos sobre los documentos originales. Ya que, estos aportaron a la consolidación de las teorías científicas, por lo tanto, se resalta que Maxwell propone en su tratado elemental aspectos que permiten una reconstrucción conceptual de superficie equipotencial, conductor y aislador. En este capítulo se analiza y reconstruye inicialmente los conceptos de conductor y aislador a través del fenómeno de la chispa.

Reconstrucción de los experimentos electrostáticos UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD de James Clerk *Maxwell* (1881)

Maxwell (1881) en el tratado elemental describe experimentos que se presentan en el capítulo I, donde se reconstruyen algunos referentes fenomenológicos sobre lo que se denominó electrostática, estas experiencias permiten comprender las cualidades eléctricas que los cuerpos tienen, por lo tanto, se resalta que los términos utilizados en la construcción conceptual y teórica que se presenta en su tratado establecen una relación entre la electrificación y descarga de los cuerpos con los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial.

Los fenómenos eléctricos que el ser humano comienza a percibir en su entorno, como lo es el rayo que se genera en algunas tormentas, la sensación que siente el ser humano cuando toca una chapa metálica o puerta electrificada o simplemente la manipulación de una bandeja metálica que previamente fue electrificada y al tocarla se genera una descarga, etc. Son experiencias que llevan a preguntarse: ¿Por qué sucede? ¿Son efectos eléctricos o electrostáticos? ¿El plástico y la lana poseen cualidades eléctricas? ¿Por qué la electricidad está presente en los cuerpos metálicos? ¿Por qué mi cuerpo siente un ligero “hormigueo”

cuando algunas veces toco los objetos de metal?, las anteriores preguntas permitirán orientar y guiar un poco la reconstrucción de los conceptos.

Por ello se hace necesario analizar los siguientes fragmentos del documento original de Maxwell, estableciendo la siguiente estructura de análisis:

- ✓ Fragmento del texto (lectura)
- ✓ Traducción (interpretación)
- ✓ Análisis

2.1. Electrificación por fricción

A continuación, se analizará el apartado del experimento I de James Clerk Maxwell⁷, el cual describe diferentes experimentaciones, que se relacionan entre sí para comprender cómo los fenómenos eléctricos abrieron paso a la explicación de los fenómenos magnéticos a través de la atracción de los cuerpos, puesto que estos previamente eran cargados por fricción.

No obstante, también permite realizar un análisis para la reconstrucción del concepto de conductor y aislador, puesto que las experimentaciones relatadas enmarcan la partida para establecer y responder: ¿Cuáles son los fenómenos eléctricos? ¿Qué cualidades poseen los materiales que tienen alguna alteración eléctrica? y ¿El comportamiento de estos cuerpos es siempre el mismo?

2.1.1. Descripción Experimental – electrificación por fricción

En el experimento uno, Maxwell propone observar el comportamiento de algunos materiales cuando entrar en interacción y han sido electrificados, pero no todos los fenómenos electrostáticos se

⁷ James Clerk Maxwell nació en Edimburgo –Escocia– en 1831 y falleció en Cambridge –Inglaterra– en 1879. Estudió en las Universidades de Edimburgo y Cambridge, donde se graduó en 1854. Ocupó las cátedras de Aberdeen, el King’s College de Londres y Cambridge, donde también fue el primer director del laboratorio Cavendish. Realizó importantes contribuciones a la física estadística y al electromagnetismo, produciendo una formulación que unificaba los fenómenos eléctricos, magnéticos y ópticos; también hizo notables aportaciones a la teoría de los colores y al conocimiento de la estructura de los satélites de Saturno. En 1873 publicó *A Treatise on Electricity and Magnetism* y en 1881 publicó *An elementary treatise on electricity*, que son textos clásicos de la ciencia.

pueden observar y caracterizar fácilmente a través de los sentidos del ser humano. El experimento nombrado como *Electrificación por fricción*, se describe que, se observó que al frotar el ámbar con una franela (obsérvese figura 3) este inmediatamente presenta un cambio en sus cualidades eléctricas, puesto que el observador evidencia que el ámbar atrae a otros cuerpos ligeros como los pequeños trozos de papel. Téngase en cuenta que la franela no dejó de ser franela cuando entró en interacción con otro cuerpo y el ámbar no dejó de ser ámbar al interactuar con otros cuerpos. Así que, Maxwell observó que los cuerpos se comportaban de forma distinta a la que inicialmente él había percibido, por lo tanto, afirma que, si los objetos alteran su comportamiento después de entrar en contacto (como en el caso de los trozos de pape), existen ciertas fuerzas que causa ese comportamiento.

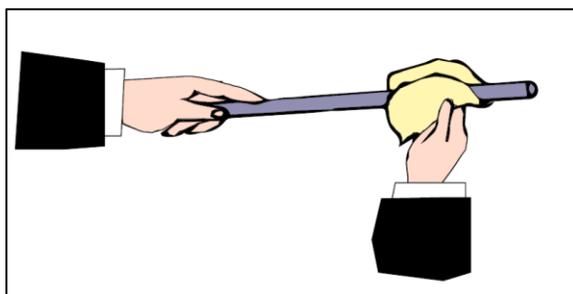


Figura 2, Experimento 1, electrificación por inducción, primera fase, autoría propia.

La descripción del anterior comportamiento dio lugar para que Maxwell relacionara más fenómenos y los llamara fenómenos eléctricos. Destaca que, los cuerpos u objetos en los que se manifiesta la fuerza son denominados electrificados.

Por ejemplo, en el experimento los trozos de papel fueron en los que se manifestó la fuerza, por lo tanto, se asume que estos son cuerpos electrificados.

Pero, si surge una interacción entre algunos cuerpos, se puede decir que estos cuerpos tenían previamente una electrificación que modificó su comportamiento, por lo que se desembocó en una electrificación. Así que, si después de la interacción se evidenciada que los cuerpos siguen presentando una electrificación, se observará que, la taxonomía de ellos no cambia antes o después de dicha interacción, simplemente el cuerpo esta electrificado.

Por lo tanto, se puede afirmar que la superficie frotada del ámbar es la única que se exhibe el fenómeno, sin embargo, Maxwell aclara que algunas de las partes de la superficie frotada son más activas que otras, y la distribución de la electrificación en la superficie dependerá de la historia previa del ámbar, es decir, que se tendrá en cuenta el uso que previamente a tenido el objeto y el desgaste del material a través del tiempo, lo cual genera que sea difícil una electrificación total sobre la superficie de todo el objeto.

En palabras de Maxwell, *se ha encontrado que en este experimento sólo aquellas partes de la superficie que se frotaron de la lacre se exhibe el fenómeno, y que algunas de estas partes de la superficie frotada son aparentemente más activas que otras. De hecho, la distribución de la electrificación sobre la superficie depende de la historia previa de la lacre, y esto de alguna manera es muy complicado así que será muy difícil de investigar.*⁸ (Maxwell, 1881, p.1.).

La electrificación que sufre la superficie que tuvo contacto con la franela le permiten interactuar con otros cuerpos más livianos, cómo ya se ha mencionado, y a su vez, se observa que los objetos se atraían o repelían hacia él, de modo que, las experiencias sensoriales del ser humano a la hora de observar y analizar lo que ve, son muy importantes, para comprender y relacionar el fenómeno eléctrico con algunas situaciones cotidianas que previamente el ser humano ha percibido pero no las había caracterizado.

El siguiente fragmento traducido del documento, establece que existe un campo eléctrico, el cual Maxwell propone a partir de las observaciones e interacciones descritas del experimento:

*Estos fenómenos, y otros relacionados a ellos, se llaman fenómenos eléctricos, los cuerpos en los que la fuerza se manifiesta se dice que son electrificados, y la región en la que el fenómeno tiene lugar se llama campo eléctrico*⁹ (Maxwell, 1881, p.1.).

El campo eléctrico que nombra Maxwell en esta experiencia se identifica como el medio por el cual circula una fuerza electrificante que permite la atracción de cuerpos ligeros (obsérvese figura 4), por consiguiente, dicho campo tendrá propiedades y cualidades que permiten establecer la atracción entre los cuerpos ligeros y el objeto frotado con la franela.

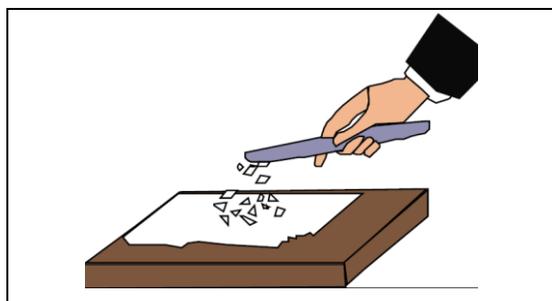


Figura 3, Experimento I, electrificación por fricción, resultado, autoría propia.

⁸ Traducción del documento AN ELEMENTARY TREATISE ON ELECTRICITY y publicado en 1881, p. 1.

⁹ Traducción del documento AN ELEMENTARY TREATISE ON ELECTRICITY y publicado en 1881, p. 1.

2.1.2. Análisis

Retomando lo fundamental del experimento y la consecuencia que tiene el llevar a cabo un análisis conceptual no se debe olvidar en primer lugar el papel que cumple la experimentación en la construcción de los conceptos.

En la historia de las ciencias se puede encontrar que el experimento ha ocupado en distintos momentos roles diferentes en la conformación de ámbitos de explicación de los fenómenos naturales... Hacer de la experimentación una plataforma de conocimiento contribuye a un cambio en la imagen de la ciencia. La manera de presentar los experimentos no debe ser solamente descriptiva o narrativa para reforzar el papel de las teorías, sino que se debe avanzar hacia la caracterización de experimentos que involucren problemáticas y que tengan una riqueza conceptual en sí mismos (vida propia), crear necesidades donde el experimento “hable” y se comuniquen, crear situaciones específicas donde la naturaleza se “despliegue” y muestre comportamientos, esto es, hacer de la experimentación una actividad humana (García. & Estany, 2010).

La anterior cita resalta que el experimento toma un rol importante en el aula de clase, ya que, esta no es una herramienta que trabaja dualmente con la historia, y que establece un proceso de correlación fuerte, el cual está ligado a la historicidad, pues genera una riqueza conceptual al vivir la experiencia a través de los sentidos.

Al pensar en la experimentación que Maxwell realizó permite deducir que, el ser humano percibe el mundo que lo rodea a través de los sentidos, por lo tanto, se hace necesario resaltar los fenómenos más comunes que el ser humano logra vivir y percibir, entre estos están: la iluminación de los lugares que se frecuentan, la sensación que vive algunas veces al tocar a otro ser humano (denominado hoy en día como corrientazo), el tocar una superficie metálica y sentir la sensación de una descarga, la “chispa” que se percibe cuando se acercan dos metales electrificados, el rayo de una tormenta, etc., estas son algunas experiencias que actualmente se pueden relacionar con el concepto de electricidad.

Por lo tanto, se hace necesario comprender como se comportan los cuerpos que están electrificados y la interacción que se da entre ellos. A su vez, relacionarlos con los acontecimientos cotidianos nombrados anteriormente. Por esta razón, la experimentación descrita por Maxwell (1881) en el primer apartado del capítulo uno, se asocia a una experiencia sensible que se percibe a través de la observación, y se puede deducir que se exalta que los fenómenos eléctricos se perciben cuando un cuerpo está electrificado y este

interactúa dentro de un campo eléctrico, en el cual el cuerpo electrificado es atraído o repelido por una fuerza.

Así que, cabe resaltar que en primera instancia se referencia cómo campo eléctrico, al espacio existente entre el ámbar y la superficie en la que reposan los ligeros trozos de papel, es decir, es el espacio existente entre los cuerpos electrificados.

En segunda instancia, se establece que *hay fuerzas existentes que causan que los trozos de papel asuman posiciones particulares*, es decir posiciones aleatorias, esta fuerza que describe Maxwell, hace referencia a la atracción y repulsión de los cuerpos más ligeros. Por lo que, establece que solamente la parte de la superficie que fue frotada es la que exhibe el fenómeno, allí es donde dicha fuerza se hace presente, para que se perciba una activa interacción entre el objeto frotado y los cuerpos ligeros más cercanos.

Por otro lado, se mencionó que solamente la superficie que se frota es la que se electrifica y no se distribuye a lo largo de la superficie del objeto, por lo que Maxwell determinó que es debido a la historia previa del material, y a su vez, resalta que hay otros cuerpos hechos de diferente material que si logra distribuir la electrificación uniformemente en toda la superficie del cuerpo.

Como ya se mencionó, al frotar un material con una franela o lana, este atrae a cuerpos muy ligeros y livianos, como por ejemplo trozos de papel, el fenómeno es conocido desde la antigua Grecia. Tales de Mileto dejó constancia de haber observado esta propiedad en el ámbar o ἤλεκτρον en griego, tiempo después la ciudad de Magnesia clasifica los fenómenos observados entre las propiedades atractivas y repulsivas de la magnetita. A principios de siglo XVII las observaciones sobre electricidad y magnetismo se habían ido recopilando en sucesivos escritos. (Gabàs, 2015)

Maxwell relata que la magnetita, el hierro y el acero fueron sometidos a ciertos procesos de electrificación y se percibió que fueron exhibidos los fenómenos de acción a distancia, pero se encontraron diferencias con los fenómenos eléctricos, así que los clasificó como fenómenos magnéticos.

También, se deduce que el descubrimiento de los fenómenos eléctricos fue netamente experimental, y para comprenderlo se debe partir de las observaciones y modificaciones experimentales que generen interacciones entre los cuerpos, con el fin de hallar la relación entre las cualidades de cada cuerpo y el comportamiento de los elementos que están más cercanos y contenidos en el espacio denominado para Maxwell (1881) como campo eléctrico.

En este sentido, el acercamiento al concepto de conductor está ligado a la electrificación de los cuerpos, pues se deduce que los cuerpos que logran distribuir uniformemente la electrificación son

denominados conductores, y los cuerpos que no logran distribuir esta electrificación son denominados aislantes, y se observa su comportamiento activo entre los elementos que interactúan en el fenómeno.

No obstante, para comprender cómo se construye el concepto de conductor, se hace pertinente mencionar que todos los cuerpos podrían tener cualidades que les permita atraer otros cuerpos y se hace evidente la presencia de los fenómenos eléctricos en estos cuerpos. Por lo tanto, es relevante resaltar que la superficie de los conductores se electrifica uniformemente, y la exhibición del fenómeno es muy diferente.

2.1.3. Resultados

Un primer acercamiento a la construcción del concepto de conductor, se establece a través de la relación que se evidencia experimentalmente, cuando se nombra el espacio que se tiene entre el ámbar y los trozos de papel ubicados sobre una superficie horizontal “*campo eléctrico*”, este espacio contiene cualidades que permiten establecer que existe una fuerza que atrae o repele los cuerpos, por ende, se deduce que dicho espacio es conductor, y cabe preguntarse, ¿Qué se comprende por el concepto de conductor?, para dar respuesta a esta pregunta se establecerá que un conductor no es solamente un material metálico.

Ya que, una de las cualidades que posee un medio o material conductor según lo que se deduce de del experimento y la descripción que Maxwell es que la electrificación de la superficie es totalmente uniforme, lo cual no sucede con medios y materiales aislantes.

A continuación, se hace una revisión al contenido conceptual de los textos escolares, la construcción del concepto de conductor que realiza cada texto se presenta en un fragmento corto que se presentan en el siguiente cuadro comparativo:

Documento	Concepto	Descripción
Serway, R., & Jewett, J. (2009). Física para ciencias e ingeniería con física moderna. México D.F: Cengage Learning Editores, S.A.	Conductor	El Libro expone textualmente lo siguiente: <i>Los conductores son aquellos materiales en los cuales algunos de los electrones son libres,¹⁰ no están unidos al átomo y pueden moverse con libertad a través del material.</i> (Serway & Jewett, Física para ciencias e ingeniería con física moderna, 2009)
Romero M., O., & Bautista B., M. (2011). Hipertexto Física 2.	Conductor	El libro solo hace referencia al concepto de la siguiente manera:

¹⁰ Un átomo de metal tiene uno o dos electrones exteriores, con una unión débil al núcleo. Cuando se combinan muchos átomos para formar un metal, los electrones libres son electrones exteriores, que no están unidos a ningún átomo y se mueven por el metal de una forma similar a como lo hacen las moléculas de gas en el interior de un recipiente. (Serway & Jewett, Física para ciencias e ingeniería con física moderna, 2009)

Bogotá D.C.: Editorial Santillana S.A		<i>... materiales en los que las cargas eléctricas se transmiten con facilidad. En este caso se dice que los medios son conductores. Los medios conductores más característicos son los metales. (Romero M. & Bautista B., HIPERTEXTO FÍSICA 2, 2011)</i>
Tippens, P. (2011). Física, Conceptos y Aplicaciones. México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.	Conductor	El Libro expone textualmente lo siguiente: <i>Un conductor es un material a través del cual se transfiere fácilmente la carga. (Tippens P. E., 2011)</i>

Figura 4, Tabla comparativa del concepto de conductor en textos educativos. Autoría propia.

Las anteriores citas resaltan el contenido conceptual que los textos presentan sobre el concepto de conductor, y se evidencia que la relevancia que tiene para la comprensión de los fenómenos eléctricos es mínima, pues, como se ha venido exponiendo en el documento, el eje de la interpretación y apropiación del lenguaje de los fenómenos científicos y en este caso de los eléctricos, es la construcción y reconstrucción de los conceptos que dan razón a la explicación de dichos fenómenos eléctricos. No se puede establecer una relación con lo descrito por Maxwell (1881) del concepto de conductor, ya que las cualidades y propiedades eléctricas de la materia fueron establecidas por medio de las percepciones visibles.

Se establece como propiedad el *campo eléctrico* que se genera mientras existe una interacción entre dos cuerpos, esta a su vez se caracteriza por las fuerzas eléctricas presentes en dicho campo, pues se observa que hay una atracción y repulsión de cuerpos. Ya que, en el experimento se describe que los trozos de papel van aleatoriamente desde la mesa a la barra de ámbar. Tomando los apartados de los textos se puede evidenciar que estos presentan el concepto como un material que permite el flujo de cargas eléctricas en especial la movilización de electrones en el material.

En conclusión, se referencia a los cuerpos que permiten desarrollar una electrificación uniforme, ya que, se consideran conductores. Una manera de electrificar los cuerpos es por medio de la fricción. De modo que, si existen varias formas de electrificar un cuerpo, la caracterización del concepto de conductor se muestra independiente a las causas bajo las cuales se electrifican los cuerpos, es decir que el modo en el que se electrifiquen los cuerpos no cambia el comportamiento que describen o que toman frente a otros cuerpos, permitiendo evidenciar una interacción que acerca al lector a la reconstrucción conceptual.

2.2. Electrificación de un conductor

Este experimento descrito a continuación permite establecer la clasificación entre los objetos que poseen cualidades eléctricas y se clasifican como conductores y los objetos que no poseen estas cualidades eléctricas los cuales recibieron el nombre de no conductores, el autor plantea que:

- ✓ *Los materiales o cuerpos conductores son aquellos que permiten establecer que por medio de ellos fluye un flujo incomprensible, el cual posee cualidades y propiedades, por lo tanto, establece que el flujo está relacionado a las descargas eléctricas.*
- ✓ *Los materiales no conductores, se caracterizan por la dificultad que presentan al tener contacto con un elemento conductor, pues este impide la transferencia de las descargas eléctricas. (Maxwell, 1881, p.2.)*

El experimento también permitirá establecer que las experiencias cotidianas que tiene el hombre se relacionan directamente con la experiencia descrita por Maxwell (1881), Por medio del experimento denominado electrificación de un conductor.

2.2.1. Descripción experimental - Electrificación de un conductor

El experimento consistió en apoyar una bandeja metálica sobre tres copas, las cuales tienen la función de evitar que se pierda la electrificación que se va a transferir al entrar en contacto con la hoja de oro que previamente fue frotada con una lana o franela, hoy en día esta afirmación es relevante para el ser humano, ya que, se sabe que todo cuerpo electrificado no debe tener interacción con otros cuerpos considerados conductores, puesto que se descargarán y perderán la electrificación.

Por consiguiente, al realizar una frotación sobre un elemento conductor se genera un cambio en el comportamiento del objeto si entra en interacción, esto se puede analizar del experimento realizado por Maxwell, ya que luego de frotar la hoja de oro y de ser colocada con precaución en la bandeja, los trozos de papel “vuelan” hacia ella (Observe figura 6), la experiencia relatada por Maxwell (1881) muestra que durante el desarrollo de esta se percibió que la bandeja de metal reacciona con otros cuerpos metálicos y el cuerpo humano.

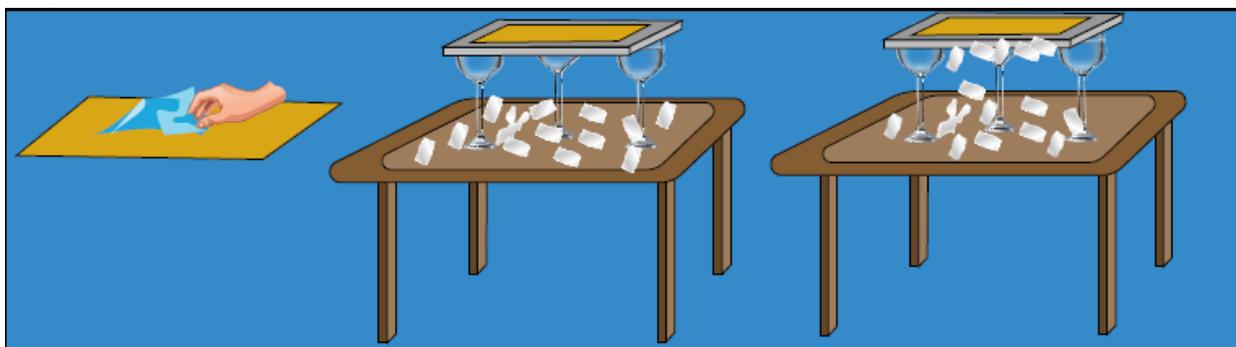


Figura 5, Experimento II, Electrificación de un conductor, primera fase. Autoría propia

Por lo tanto, al acercar un elemento como una barra de ámbar o de vidrio, en un principio se esperó que se presentara una interacción o reacción entre dos cuerpos, uno metálico y uno no metálico, pero no ocurre ninguna interacción. No obstante, la segunda experiencia se llevó a cabo al acercar una barra metálica, y se evidenció que este tipo de elementos permite una interacción entre sí, dicha interacción produce una “chispa”, la cual Maxwell la caracterizó como una descarga eléctrica que sufre el cuerpo electrificado en su interacción con otro cuerpo conductor, y gracias a ésta el cuerpo electrificado puede alcanzar nuevamente un estado de equilibrio electrostático.

Por lo tanto, *la descarga se lleva a cabo a través de los metales y el cuerpo humano, pero no a través del cristal, la cre, o guta-percha. Por lo tanto, los cuerpos se pueden dividir en dos Clases: conductores, o los que transmiten la descarga, y aisladores a través del cual la descarga no se lleva a cabo.*¹¹ Por lo tanto, de esta experiencia se obtiene según lo relatado por Maxwell (1881) una clasificación del material de los elementos que implementó en su experimentación.

A su vez dicha descarga fue observada en una tercera experiencia. La tercera experiencia se llevó a cabo cuando se acercaron los nudillos de la mano a la bandeja y se percibió que esta interacción era igual a la generada con la barra de metal. Por ende, se afirma que los metales y el cuerpo humano son elementos conductores (Observe figura 7).

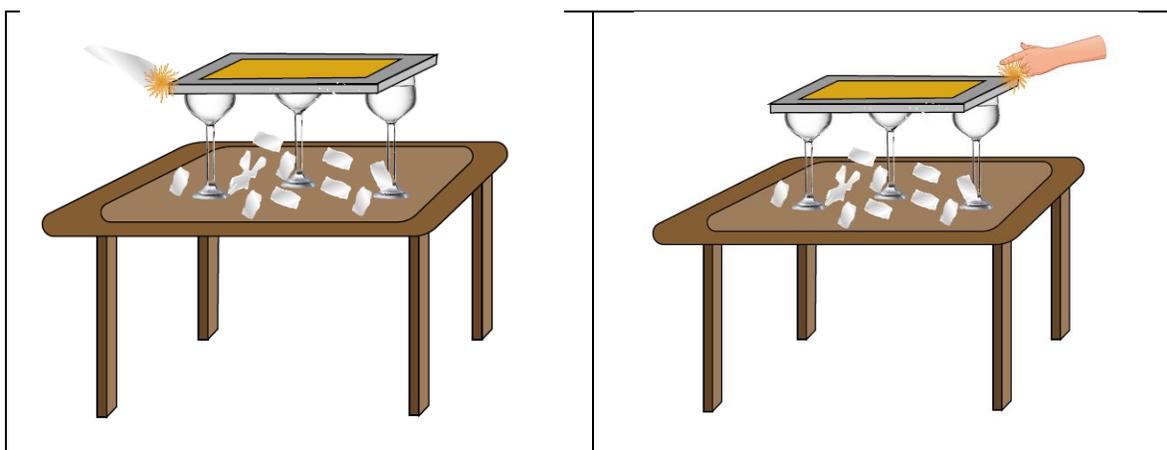


Figura 6, Experimento II, Electrificación de un conductor, segunda fase. Autoría propia.

¹¹ Traducción del documento AN ELEMENTARY TREATISE ON ELECTRICITY y publicado en 1881, p. 2.

Y se puede concluir que los trozos de papel no permanecen todo el tiempo “volando” hacia la bandeja, es decir que no está presente una fuerza de atracción que permita que los trozos estén sujetos a ella, estos en algún momento cambiaron su comportamiento, ya que, en la experiencia realizada se percibió que cada vez que se acercaba una barra de vidrio o de ámbar a la bandeja, los trozos de papel se atraían hacia ella (Observe figura 8), pero al cambiar el tipo de objeto que se aproximaba a esta, como por ejemplo una barra de metal o simplemente los nudillos de la mano, se observó que los trozos de papel descendían de la bandeja hacia la mesa, por lo tanto, ya no estaban sujetos o traídos por la bandeja.

También cabe resaltar que, así como las copas soportan las bandejas, estas también soportan la electrificación o tensión eléctrica que se produce al entrar en interacción con los materiales que se encuentran electrificados con los que no, y, se puede concluir que se denomina aislador aquel material que no es conductor de electricidad, pero entra en interacción con los sistemas electrificados y cumplen la misión de soportar la tensión eléctrica. No obstante, el término no conductor caracterizara a los materiales que no están en interacción con los cuerpos electrificados.

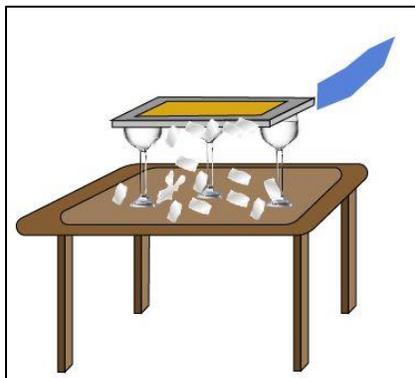


Figura 7, Experimento II, Electrificación de un conductor, resultado. Autoría propia.

El texto utiliza el concepto de descarga para dar explicación al fenómeno, que se observó cuando el cuerpo metálico se acercó a la bandeja y se vio una luz parpadeante seguido de un sonido muy tenue, esa luz con sonido propio se denominó chispa. Por lo que surge la siguiente pregunta: ¿Por qué la interacción de dos elementos metálicos, siendo uno de ellos previamente alterado eléctricamente genera una chispa, acaso estos elementos siempre que interactúan presentan esa misma reacción?, dando una respuesta a lo anterior, la chispa es un elemento organizador del fenómeno, que permite dar una explicación a los fenómenos eléctricos, ya que, se puede afirmar que no siempre se percibe una chispa en la interacción de los cuerpos, pues científicos como Benjamín Franklin permiten centrar la atención en la construcción e identificación de los cuerpos conductores a través de la chispa.

Las experimentaciones realizadas por Franklin dieron un aporte importante a las investigaciones realizadas sobre los fenómenos eléctricos, puesto que este autor tomó la experiencia sensible más cercana al ser humano, la cual se presenta como un fenómeno eléctrico natural y recibe el nombre de *Rayo Eléctrico*, a mediados del siglo XVIII, durante una tormenta, el científico elevó una cometa con esqueleto de metal, a un extremo de ella le adjunto una punta de ese mismo material y al otro extremo de ella le sujetó un largo hilo de seda, y a este se le ató una llave (Obsérvese Figura. 9). La punta metálica de la cometa consiguió captar las cualidades de la atmósfera, y transportarlas por todo el cuerpo de ella hasta producir varias chispas en la llave (Suay, 2013).

Con esta experiencia Franklin llegó a determinar dos cosas: en primera instancia la materia que compone el rayo es idéntica a la de la electricidad, y en segunda instancia un elemento conductor como la llave permite establecer una descarga eléctrica segura, la cual se acumula en las nubes durante las tormentas, estas conclusiones le sirvieron para dar paso al descubrimiento del pararrayos¹² (Suay, 2013)

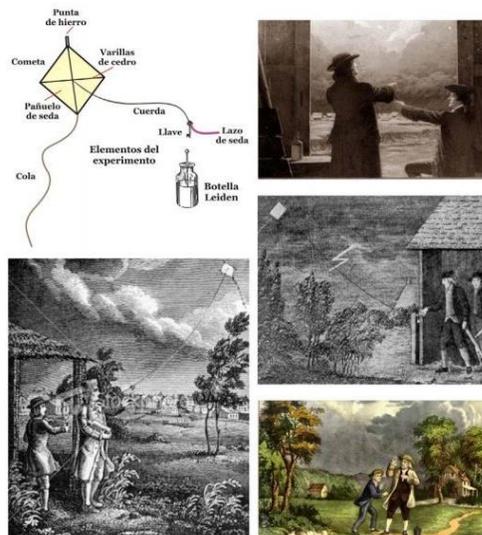


Figura 8. Esquema del experimento de la cometa de Franklin (arriba izquierda). En su *History and Present State of Electricity* (1767), Priestley, sostiene que Benjamín Franklin, durante el experimento, fue ayudado por su hijo William Franklin (1730-1813). La variada iconografía del experimento, sobre todo durante el siglo XIX, refleja esta circunstancia.¹³ (Suay, 2013)

¹² El pararrayos es un dispositivo usualmente acabado en punta que excita la aparición de la guía. Esto se debe a que, en un objeto puntiagudo, el campo eléctrico es tan intenso que durante una tormenta se inicia una descarga desde la punta que busca la guía. El rayo tiende a caer en esa punta. Por lo tanto, si se produce el rayo, las cargas recorrerán el camino más corto y fácil, que es el que conduce el pararrayos. Como éste está conectado a tierra, el rayo se descarga sin causar daños.

¹³ tomado de: suay b., j. m. (2013). *El conocimiento al final de un hilo. la cometa a través de la historia de la ciencia y la tecnología*. España : Tesis doctoral, Universidad nacional de educación a distancia.

A continuación, en el análisis realizaremos una transversalidad entre este experimento realizado por Maxwell y la experiencia que Franklin tuvo al realizar la cometa metálica y acercarla lo más posible a las nubes durante una tormenta. Retomando la primera experiencia de Maxwell (1881), podremos identificar que las cualidades y propiedades eléctricas presentes se asemejan a las experimentadas en su segunda experiencia, con la diferencia que se identificaron más factores que cambian el comportamiento de los cuerpos al estar en interacción después de haber sido modificados eléctricamente, si bien se tienen se observa que en algunos casos la interacción genera una atracción o repulsión de elementos, en otros casos se evidencia una luz tenue que cambia el estado electrificado de uno de los cuerpos. Por lo cual, esta última se asemeja a la interacción vivida por el científico Benjamín Franklin al atraer un rayo eléctrico con una cometa metálica, pues si se comparan la experiencia se obtiene que las nubes serán la bandeja electrificada y la cometa es el cuerpo metálico que se acerca a la bandeja.

2.2.2. Análisis

En el análisis es importante aclarar que, el fragmento experimental escrito por Maxwell (1881) permite tener evidencias experimentales descritas sobre los fenómenos eléctricos que se han mencionado, por lo tanto, estas experiencias se pueden hilar con las percepciones sensibles que el ser humano tiene a través de los diferentes sucesos cotidianos, como por ejemplo, al abrir una puerta en algunas ocasiones el hombre siente una ligera sensación de cosquilleo, y se debe a que el cuerpo humano previamente fue alterado eléctricamente (cargado) cuando tuvo contacto con otro cuerpo electrificado, algunas veces ocurre cuando previamente los pies se han frotado contra una alfombra de lana o franela, esta experiencia es vivida cotidianamente por el ser humano y no es percibida.

Algunos seres humanos dirían que el cuerpo metálico está conectado a algún punto de corriente eléctrica, pero en realidad lo mencionado no ocurre, es allí donde el hombre se pregunta ¿Por qué sentí un cosquilleo al tocar la perilla?, dicho cosquilleo recibió el nombre de descarga (Obsérvese figura 10).

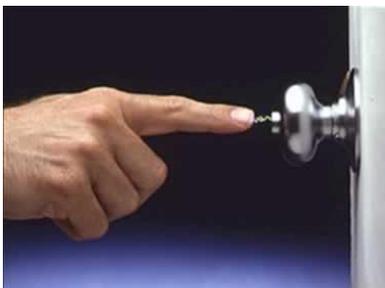


Figura 9, Representación gráfica de una descarga entre la perilla metálica y el contacto del cuerpo humano.¹⁴

No obstante, nuevamente se trae a colación la experimentación que Franklin¹⁵ realizó mediante la tormenta, es aquí donde cabe preguntar, ¿Qué relación tienen el experimento de Maxwell, la experiencia vivida por Franklin y la sensación que tiene el ser humano en algunas ocasiones, como por ejemplo cuando toca una perilla metálica y siente un cosquilleo?, ¿Tienen alguna relación experimental?, ¿Será que el fenómeno eléctrico se presentó en las tres situaciones?, esto lleva a una última pregunta, ¿Será que existen más situaciones experimentales relacionadas?, para dar respuesta observemos la transversalidad y relación de las experiencias.

Para acercarnos más a cada experiencia vivida por cada autor, obsérvese la siguiente tabla que data las experiencias enmarcándolas con un paralelo entre cada una e identificando que se catalogó como conductor y como no conductor de la experiencia.

	EXPERIENCIA COTIDIANA	EXPERIENCIAS DE MAXWELL	EXPERIENCIA DE FRANKLIN
Experimento o experiencia	<p>Durante el día el hombre suele frotar sus manos con su saco, le dan abrazos (alguna persona con un saco de lana o franela), camina descalzo en la alfombra de su casa, etc., pues sin darse cuenta se fueron modificando sus cualidades eléctricas, lo que tiempo después lo llevó a sentir una pequeña sensación de descarga.</p> <p>Lo anterior se surgió cuando el hombre tocó algún elemento de metal como una chapa o simplemente cuando tocó a otra persona.</p> <p>Pero si previamente no tocó un elemento metálico, si no plástico vidrio o resina, no pudo darse la interacción.</p>	<p>El experimento consistió en apoyar una bandeja metálica sobre tres copas, las cuales tienen la función de evitar que pierdan las cualidades eléctricas que van a estar presentes al entrar en contacto con la hoja de oro que fue frotada con una lana o franela. El proceso de frotación genera un cambio en el comportamiento de los objetos, luego se colocaron unos trozos de papel en la superficie de la mesa, estos en un Δt "volaron" hacia la bandeja.</p> <p>Maxwell (1881) observó que lo realizaban de forma aleatoria, por último, los trozos descendieron nuevamente a la superficie de la mesa.</p> <p>Sin olvidar que esta experiencia lo llevó a acercar una barra de metal y por accidente sus nudillos, lo cual permitió observar una ligera luz acompañada de un sonido leve (lo llamó descarga). (Maxwell J. C., 1881)</p>	<p>El experimento Franklin, fue llamado pararrayos, más conocido como experimento de la garita (que denomina Experimento de Filadelfia), este exige que el pararrayos esté en un sitio elevado, por lo que emplear una cometa ofrecía la posibilidad de buscar el rayo allí donde se produce, en lugar de atraerlo hasta la superficie de la tierra. Por lo tanto, Franklin ideó la forma de atraer el rayo a través de la cometa, pues construyó el cuerpo de metal y la punta del extremo de ella del mismo material para permitir el paso de la electricidad, sin olvidar que al otro extremo de ella colocó una llave la cual permitía que esta se descargara para no acumular electricidad que se descargara en su cuerpo. (Suay B., 2013)</p>

¹⁴ Tomado de: La página web www.schaffhouseelectric.com (schaffhouser electric company LLG, 2015-2018)
15 FRANKLIN, B. (1988) Experimentos y observaciones... Op. Cit. pp. 93-98.

Conductor	Se identifica como conductor el cuerpo humano, la chapa o cualquier elemento metálico.	Se identifica como elemento conductor la bandeja, la hoja de oro, la barra de metal y el cuerpo humano, ya que, la interacción entre estos materiales fue producir una chispa, la cual evidencia que hay presente una descarga de electricidad entre los objetos conductores.	Se identifica como elementos conductores el cuerpo y punta de la cometa, llave que sujetó a un extremo de ella y el cuerpo humano.
Aislador	Se identificó que cual quiere elemento que no sea metálico o el mismo cuerpo humano, se establecen como no conductores: Ejemplo: Plástico, vidrio o resina.	Se identificó que los cuerpos que se clasifican como no conductores si poseen cualidades eléctricas que soportan la interacción entre los elementos conductores. Se establece que todo cuerpo que entra en interacción, pero no produce ninguna chispa se clasificará como muy buen aislante, y se puede afirmar que no producen una descarga eléctrica. En el experimento los elementos no conductores fueron las copas, y los trozos de papel y barra de ámbar.	Se identificó como no conductor los materiales que en un principio Franklin utilizó para la realización de su cometa, pues no permitieron el transporte continuo de electricidad, ya que la cometa permitía la entrada y salida de electricidad.

Figura 10, Tabla comparativa de experiencias electrostáticas. Elaboración propia.

En las experiencias que describe Maxwell (1881), se muestra que las reacciones o interacciones que se observaron entre los materiales se presentan cuando estos previamente electrificados, se puede afirmar que no todos los materiales entraron en dicha interacción, se percibió que todo se debía al material en el que estaban hechos, por lo que se concluye que la materia se puede clasificar en conductora y no conductora. Y recordando, Franklin en su experiencia construyó una cometa en metal, tanto la punta que asignó a un extremo de ella, como la llave que colocó al otro extremo, por lo tanto, dicha estructura permitió desencadenar una “descarga” y lo que el ser humano observó fue un chispazo.

Lo anterior lleva a concluir que los fenómenos eléctricos están presentes en algunas experiencias sensibles que el ser humano tiene con su entorno, pero no han sido suficientes para comprender la totalidad de los fenómenos eléctricos relacionados con la estática, pues es difícil encontrar la manera de percibir y explicar las fenomenologías estáticas a través de la observación de una serie de chispas, y como se mostró en las experiencias descritas anteriormente, en ellas siempre estuvo presente una chispa que fue el detonante que permitió dar inicio a una clasificación de los materiales que cumplen con las cualidades para que esta se generara ante los ojos del ser humano. Lo anterior se atribuye a que el hombre es muy visual y sensorial para describir y apropiarse de las experiencias que lo llevan a un aprendizaje.

En segunda instancia en cada experiencia se hace presente el concepto de descarga eléctrica¹⁶, por lo tanto, es pertinente establecer si esta descarga fue producida por la misma causa en las tres experiencias relatadas. Para poder afirmar si las causas son las mismas, a continuación, se analizará cada detalle de las experiencias, y se expone lo siguiente:

- ✓ El primer aspecto importante se atribuye a los cuerpos que interactuaron para llevar a cabo cada experiencia, estos fueron el cuerpo humano y los elementos metálicos, por ejemplo, en la experiencia de Maxwell (1881) se describió que no solo los elementos metálicos se pusieron en contacto con otros cuerpos, sino que también participaron elementos como el vidrio o el ámbar, pero no se evidenció ninguna interacción por lo que él concluye que hay cuerpos conductores y no conductores, donde los elementos que poseen la cualidad de conducir electricidad son los que permitieron la descarga eléctrica.
- ✓ El aislamiento de los cuerpos es importante para que no se descarguen, pues en la experiencia que se tiene al tocar la perilla de la puerta se puede evitar si el ser humano toca la perilla con guantes o si la perilla es de madera, ya que si fuese de metal esta generaría el ligero cosquilleo. Si analizamos también un poco la experiencia de Maxwell (1881), se concluye que las copas cumplen con la función de generar el aislamiento entre la bandeja y cualquier cuerpo metálico que esté en la mesa, con el fin de no descargarla y conservar cada cualidad eléctrica que haya adquirido, y obtuvo una descarga al acercar los nudillos de la mano o la barra de metal.
- ✓ Por último, para generar cada descarga se tuvo que poner en contacto dos elementos metálicos uno alterado eléctricamente (esto se genera cuando el cuerpo es frotado con una lana o franela) y un cuerpo metálico sin ser alterado eléctricamente. No obstante, téngase en cuenta que no fue la única interacción posible para generar una descarga, se observó que, en vez de acercar una barra de metal, si se acerca una mano o nudillo también se producirá el mismo efecto, lo que lleva a concluir una vez más, el cuerpo humano es un elemento conductor, es decir que posee cualidades eléctricas.

Continuando con la transversalidad de estas experiencias, la descarga es un concepto que permite unir las experiencias para comprender su relación, ya que, se identificó que los cuerpos alteran su comportamiento eléctrico durante un tiempo y luego este comportamiento nuevamente cambia, lo que lleva

¹⁶ El término descarga eléctrica, fue atribuido por Maxwell cuando observó la luz parpadeante y al pasar un tiempo percibió que el cuerpo no se comportó de la misma manera, así que concluye que este fenómeno recibirá el nombre de descarga eléctrica.

a relacionar las experiencias, pues como se ha mencionado uno de los dos elementos previamente ya poseía una alteración eléctrica, pero esta se hizo evidente al interactuar con otro que no, e inmediatamente el cuerpo que estaba alterado volvió a su comportamiento inicial. Téngase en cuenta que este cambio es netamente físico y no químico y que se ha dado por la interacción de dos cuerpos conductores. Por lo tanto, se establece que los cuerpos que se catalogan como conductores, son aquellos que se descargan y de evidencia por medio de una chispa, los aislantes, son aquellos que soportan la electrificación de los cuerpos conductores y no permite que esta se disipe.

Como resultado se obtienen aportes a la reconstrucción de los conceptos de conductor y aislador, también se puede establecer un acercamiento al concepto de superficie equipotencial, pues este concepto relacionado directamente a los diferentes estados de electrificación de los elementos en interacción.

2.2.3. Resultados

Los aportes de esta experiencia se podrían establecer en dos ramas importantes para el lector, el primer aporte es al campo pedagógico, puesto que Tarazona y Medina hacen notar que no existen una serie de experimentos ordenados coherentemente que se acerquen al estudiante para establecer una comprensión de las fenomenologías electrostáticas, ya que, estas experiencias son netamente accidentales y que esperando u observando otro resultado por algún motivo se dieron, por lo que se resalta a Medina y Tarazona (2011), con las siguientes afirmaciones:

Los fenómenos eléctricos, en particular la electrostática, normalmente no se tiene un conjunto de experiencias ordenadas coherentemente que sean funcionales para la cotidianidad, a lo sumo pequeñas anécdotas accidentales en las cuales se hace referencia a algunos efectos electrostáticos. Es más, las experiencias son más amplias en el caso de la electrodinámica, por aquello de las corrientes eléctricas. (Tarazona & Medina, 2011)

Desde este punto de vista, una propuesta en la enseñanza de la electrostática debería comenzar por ampliar y organizar las experiencias relacionadas con la electrostática y progresar en los grados de ordenación e identificación de cualidades y procesos de medición de estas. (Tarazona & Medina, 2011)

Por lo tanto, este trabajo permite avanzar en la organización de los fenómenos eléctrico, a través de las experimentaciones realizadas por Maxwell (1881), en el análisis de cada detalle de los experimentos,

permitió establecer los sistemas que fueron electrificados, ya sea por su alteración inicial y/o transformación durante la interacción.

El segundo aporte es el que este trabajo resalta. En los sistemas se describieron experiencias esenciales para la reconstrucción de los conceptos de conductor, aislador y superficie equipotencial, ya que estos permiten dar explicación a los fenómenos eléctricos, pues exalta las condiciones y elementos importantes que interactúan entre sí, para llevar a cabo esta experiencia en este caso el autor describe que la interacción que se dio con los objetos metálicos generó la atracción o repulsión de otros; como por ejemplo, en el momento que los trozos de papel se pegaron a la bandeja (atracción), téngase en cuenta que, una hoja de oro previamente fue frotada y puesta sobre la bandeja. Luego de realizar contacto con la bandeja indujo cambios eléctricos en esta, entonces esta atrajo los trozos de papel de la mesa, y cuando los trozos de papel descendieron de la bandeja (repulsión), téngase en cuenta que, la bandeja fue tocada con una barra de metal, la cual produjo que se descargará y los trozos de papel que se encontraban atraídos por la bandeja dejaron de estarlo. Así que, al generarse la descarga de la bandeja estos descendieron a la mesa, es decir volvieron al lugar que inicialmente tenían.

Se podría determinar que las primeras evidencias del fenómeno eléctrico están ligadas a esta experiencia y los efectos permitirán establecer las primeras cualidades eléctricas de los cuerpos asociados a este sistema electrostático, es decir, que los cuerpos en interacción están ligados a un proceso de detección de las cualidades eléctricas donde se exaltan las cualidades conductoras y no conductoras de un cuerpo como nombró Maxwell (1881).

Retomando las conceptualizaciones encontradas en los textos y expuestas en el resultado 2.1.4., se vuelve a afirmar que los textos escolares no dan importancia o relevancia a estos conceptos, pues la descripción que se encuentra del concepto de conductor se toma en torno a la clasificación de materiales conductores y aislantes, si bien esta experiencia muestra que no es el material si no las interacciones eléctricas que se pueden desarrollar por la electrificación que sufren los cuerpos, es decir que, se puede identificar la composición que posee el material, para ayudar a esclarecer la uniformidad de la electrificación en la superficie de los materiales.

De lo anterior, se establece que toda la materia pueden ser conductora eléctrica, es decir permite el paso de la electricidad, lo que permite preguntarse, ¿Qué cualidades eléctricas poseen los elementos metálicos, ya que el ámbar al ser frotado con franela o lana atrae cuerpos ligeros y cuando se acerca a la bandeja no se observa ninguna interacción?, para dar respuesta se debe tener en cuenta que los materiales como el vidrio y la resina permiten que la electricidad fluya con dificultad por ellos, por ende, este tipo de materia solo podrá atraer cuerpos muy ligeros, ya que, si el hombre acerca a la barra de vidrio

(eléctricamente modificada) un trozo muy grande u otros objetos con mayor masa, seguramente esta no atraerá nada.

Un punto para tener en cuenta es la interacción que tiene la materia entre sí y los cambios eléctricos que esta sufre, no olvide que cada cambio se puede dar alterándola, hasta el momento y como se muestra en las dos experiencias descritas por Maxwell, la primera es la frotación de los cuerpos y la segunda es el contacto entre un cuerpo alterado eléctricamente y otro que no.

El concepto de descarga está presente en cada experimento realizado, lo que lleva a concluir que siempre que esta ocurre uno de los cuerpos previamente alterados eléctricamente tuvo contacto con otro que no, esto se ha venido nombrando, puesto que permite saber que el cuerpo tiene flujo eléctrico acumulado en el cuerpo, y que no todos los cuerpos tienen la capacidad de acumular grandes cantidades de flujo eléctrico.

Por lo que Maxwell (1881) estableció que se puede clasificar en dos grupos de materiales los conductores y los no conductores (aislantes), resaltando que los conductores lo conforman los materiales metálicos y a los cuales se les atribuye la cualidad de permitir que el flujo eléctrico se distribuya uniformemente por el cuerpo, es decir la carga se mantendrá constante, puesto que se observó que la chipas evidencia la descarga de la bandeja y puede ocurrir en cualquier punto de ella, por lo tanto, se puede afirmar que los materiales conductores son aquellos que se descargan y producen una chispa. En cambio, los materiales no conductores difícilmente pueden adquirir una carga constante, y lo que quiere decir que son buenos aislantes eléctricos, ya que ellos se resisten a dejar fluir con facilidad la carga lo que lleva a que estos restrinjan el paso de las descargas eléctricas, ya que, se observó que todo cuerpo que no se descargaba no produce una chispa y que la interacción que tienen al ser electrificados solo ocurre en la superficie que se frotó y no en todo el cuerpo del objeto. Por lo tanto, se puede afirmar que los materiales que son aislantes no producen ningún tipo de descarga a través de una chispa. Maxwell establece que la función que tienen los cuerpos aislantes es recubrir o aislar los cuerpos conductores para evitar que pierdan sus cualidades eléctricas.

Ahora observe las definiciones que se encuentran en los textos de física sobre el concepto de aislador y mal llamado no conductor.

Documento	Concepto	Descripción
Serway, R., & Jewett, J. (2009). Física para ciencias e ingeniería con física moderna.	Aislante	<i>Los aislantes eléctricos son aquellos materiales en los cuales todos los electrones están unidos a átomos y no pueden moverse libremente a través del material. (Serway & Jewett, 2009)</i>

México D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.		
Romero M., O., & Bautista B., M. (2011). Hipertexto Física 2. Bogotá D.C.: Editorial Santillana S.A	Aislante o dieléctricos	<i>... Existen medios materiales en los que las cargas eléctricas no se transmiten, estas sustancias son denominadas aislantes o dieléctricos. Entre ellos se encuentran la seda, el vidrio, la madera, la porcelana, etc. (Romero & Bautista, 2011).</i>
Tippens, P. (2011). Física, Conceptos y Aplicaciones. México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.	Aislante	<i>Un aislante es un material que se resiste al flujo de carga. (Tippens, 2011)</i>

Figura 11, Tabla comparativa del concepto de aislador. Elaboración propia.

Las tabla anterior permite establecer que las tres descripciones que realiza cada autor describen el concepto como una material en el cual los electrones se comportan de una forma diferente, uno de ellos argumenta que los electrones se encuentra sujetos en al átomo y no se pueden mover libremente, pero si retomamos el primer experimento realizado por Maxwell, se demuestra que no fue necesario utilizar materiales metálicos, y sin embargo se observó una alteración en los cuerpos que se emplearon.

Lo que permite concluir que, el concepto de electrón es complejo utilizarlo para comprender las cualidades eléctricas de un aislante, puesto que hasta el momento no se ha logrado determinar una experiencia que permita verlos y observar su comportamiento, y para el estudiante o lector será complejo entenderlo, porque como se sabe el ser humano comprende y da explicación a los fenómenos naturales a través de los sentidos.

2.3. Electrificación positiva y negativa

A continuación, se presentará la tercera experiencia que Maxwell, en el texto relata la comprensión de las tres formas de electrificar de un cuerpo y aportar a la reconstrucción conceptual de los conceptos ya mencionados.

Por otra parte, el experimento mostrará cómo la interacción de cuerpos electrificados y no electrificados permiten generar un cambio de electrificación entre los cuerpos. A su vez, esclarecerá al lector porque hay dos clases de electrificación denominadas negativa y positiva.

2.3.1. Descripción experimental

Este experimento se planteó en dos fases la primera fue establecer dos bandejas aisladas de la superficie y colocar sobre un soporte con una barrilla y un hilo suspendido en el cual es atada una esfera de sauco (Observe la figura 13).

La primera experiencia que se realiza es acercarse a la esfera de sauco a la bandeja número uno, esta dura un corto tiempo cerca y luego se observa que es repelida por la bandeja, pero si se acerca a la bandeja número dos esta es atraída, y luego de un tiempo vuelve a suceder lo que ocurrió con la bandeja número uno, la esfera nuevamente es repelida (Observe la figura 14). Por lo tanto, si se repite el proceso seguirá ocurriendo lo mismo.

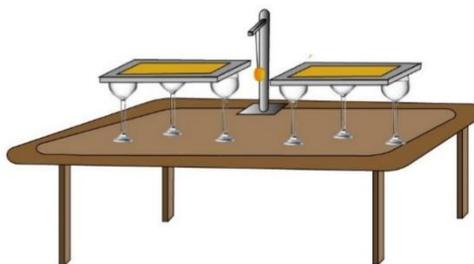
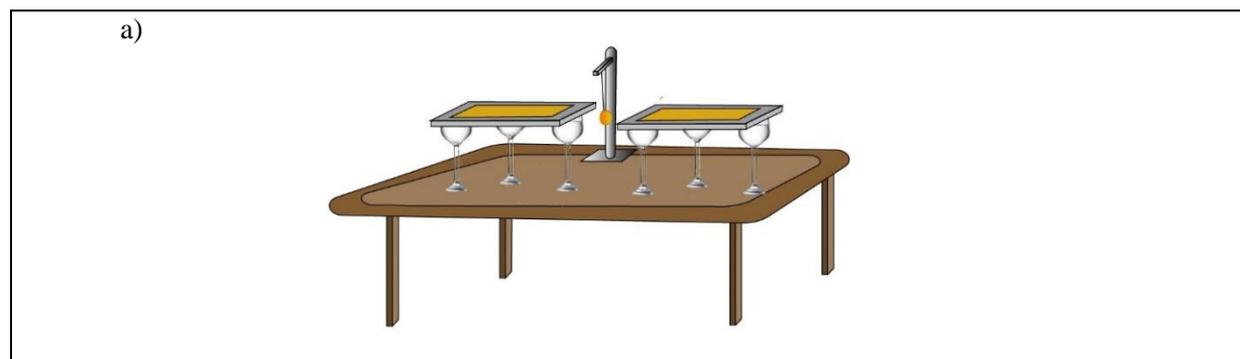


Figura 12, Experimento III, electrificación positiva y negativa. Elaboración propia.

Por consiguiente, los cuerpos están interactuando entre sí, y se pueden asumir que las cualidades eléctricas están presentes y están siendo acumuladas en la esfera de sauco durante un tiempo y luego de equilibrar las cualidades con la bandeja esta se repele, pero no se puede decir que las cualidades eléctricas se desaparecen cada vez que la esfera de sauco deja una bandeja para unirse a otra, solo se puede afirmar que la esfera se dejará de comportar así cuando las bandejas sufran una descarga.



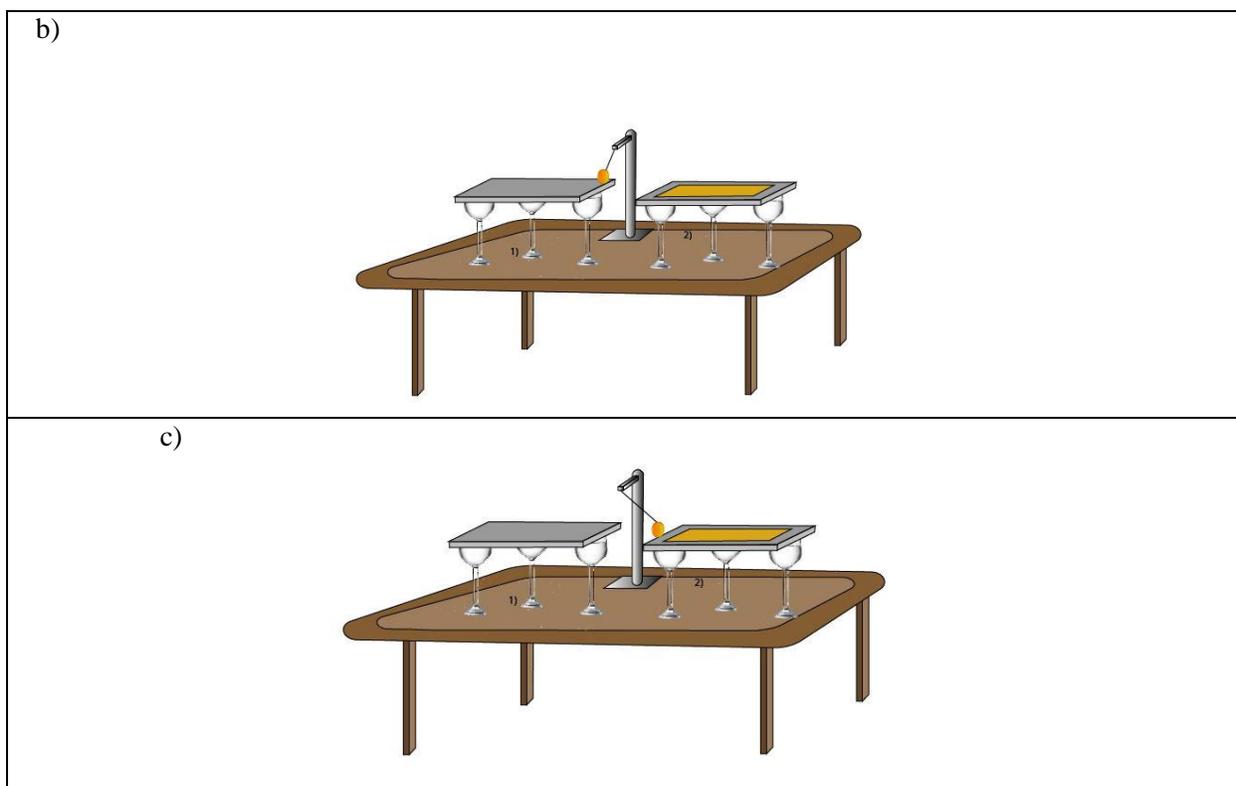
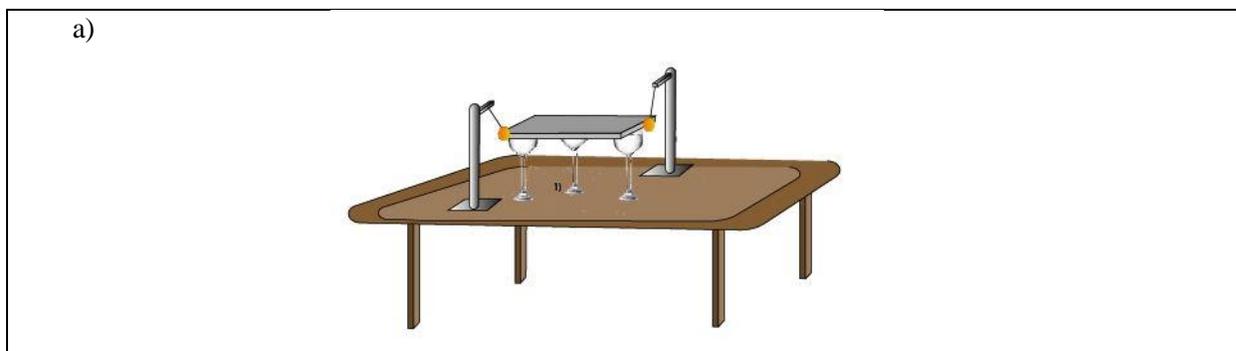


Figura 13, Descripción gráfica de la repulsión y atracción de la esfera de sauco, téngase en cuenta que el tiempo de duración de la esfera en cada bandeja cuando esta es atraída es corto. Elaboración propia.

La segunda experiencia que se desarrolla es teniendo dos esferas de sauco, en primera instancia estas son acercadas a la bandeja número uno, luego de un tiempo estas son repelidas por esta, sin embargo, estas siguen interactuando entre sí, puesto que se dejan cerca una a la otra y se observa cómo se repelen entre ellas (Observe la figura 15), en esta experiencia se puede afirmar que las esferas poseen la misma carga a acumulada, por lo tanto, estas no toleran estar juntas gracias a que poseen las mismas cualidades eléctricas.



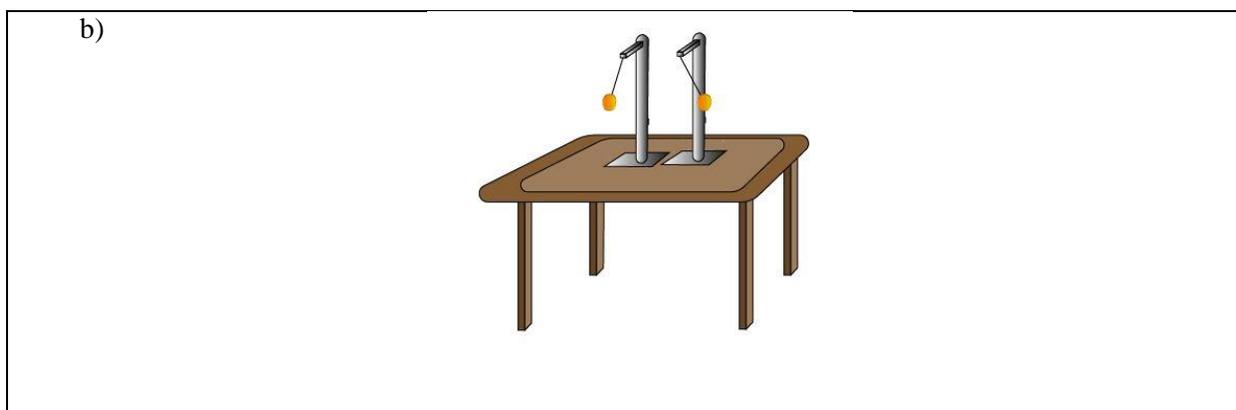


Figura 14, Descripción gráfica de la repulsión de las esferas de sauco, que previamente fueron alteradas eléctricamente al tener contacto con la bandeja 1, que también se encontraba cargada.

Elaboración propia.

La electrificación de los cuerpos se presenta de diferentes maneras, pero en este caso podemos afirmar que la electrificación de las esferas se ha dado por el contacto que tuvo con la bandeja, y también se puede decir que, si cada esfera es electrificada por distinta bandeja, el comportamiento de cada una es diferente, pues se generara una atracción entre ellas (Observe la figura 16).

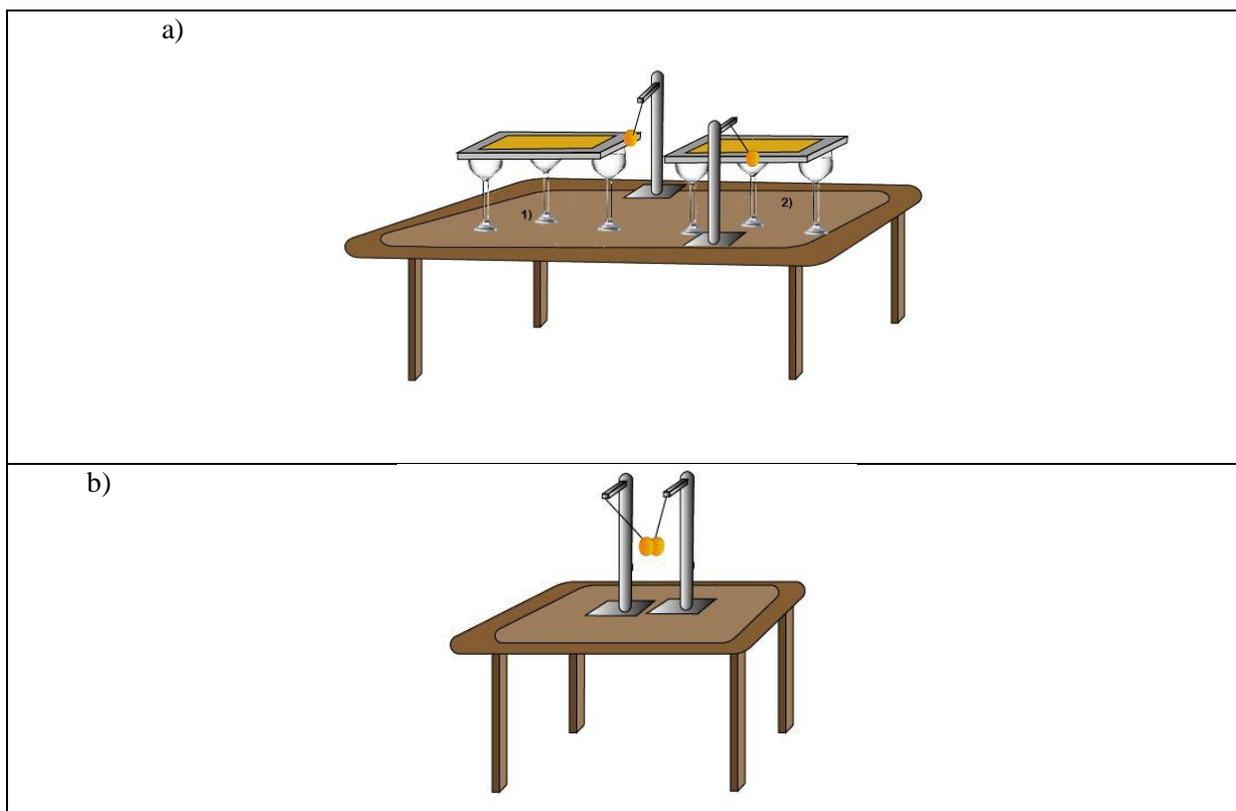


Figura 15, descripción gráfica de la atracción de las dos esferas de sauco, al ser electrificadas por diferente bandeja. Elaboración propia.

Las experiencias descritas permitieron establecer que los cuerpos se pueden descargar y cargar entre sí, y a su vez, esta cualidad está ligada al comportamiento eléctrico que posee un cuerpo, esta descrita como electrificación positiva o negativa.

2.3.2. Análisis

Este último experimento que se presentó aporta a la construcción de las cualidades eléctricas que poseen los cuerpos, puesto que presenta cómo el autor realiza la distinción de dos tipos de electrificación, uno llamado positivo y otro negativo. Y hace completa aclaración que esta designación es netamente convencional, puesto que es arbitrario el nombramiento, pero lo importante aquí es que esta permitirá comprender cada fenómeno eléctrico.

Si se establece que se mueve hacia la derecha o izquierda a partir del punto de referencia será un poco difícil compartir y expresar, puesto que puede que ocurra el fenómeno en diferentes sentidos o que el lector interprete mal el punto de referencia que se asignó para la interpretación de la experiencia. Al retomar la anterior experimentación para establecer que otras cualidades eléctricas tiene la materia, se puede iniciar tomando los apartados del documento original cuando se reinterpreta que se establecen superficies positivas como el vidrio o el ámbar después de haber sido frotado y negativo como los trozos de papel.

En el experimento la hoja de oro electrificada por la franela o lana y la bandeja número dos sobre la cual es colocada la hoja de oro, poseen una electrificación negativa y la franela o lana y la bandeja número uno de la cual la hoja ha sido retirada, posee una electrificación positiva.

2.3.3. Resultados

En síntesis, si bien la construcción de los conceptos permite establecer una ruta para la comprensión de fenomenologías también ha aportado elementos muy importantes como lo es la trazabilidad experimental en la reconstrucción de los saberes que los científicos compartieron a través de cada escrito, para llevar a cabo cada análisis historio-crítico, por lo tanto, las actividades de carácter experimental, desde el punto de vista de María Mercedes Ayala, privilegia especialmente a:

- *La producción, análisis y organización de efectos sensibles.*
- *La determinación de variables y conformación de relaciones entre éstas como expresión de la organización lograda de los efectos percibidos. (Ayala, Malagón, & Sandoval, 2011)*

Por lo que, es pertinente ampliar las construcciones conceptuales logradas hasta este punto sobre los conceptos de conductor y aislador, por otra parte, permite establece el vínculo de las, organizaciones “teóricas” precedentes en el experimento descrito por Maxwell (1881) y las experiencias sensoriales que el experimento despertó en el ser humano. La percepción se distancia de la evidencia primera o se libra del obstáculo de contemplación, dado que es posible establecer un operar o hacer operar diferentes asociaciones, de ahí que el fenómeno no sea estático o inmutable (Mach, 1925).

La experiencia sensorial procura una primera aproximación al mundo fenoménico, ésta hace aparecer ante nosotros “[...] objetos que son posibles de describir en términos de formas, colores, tamaños, texturas, o disposición de sus partes [...]”, lo cual «[...] nos sumerge en la posibilidad de la pregunta, la proyección de la hipótesis y la construcción del problema [...]” que permitirá la elaboración de explicaciones a las dinámicas que acontecen y que hacen se construya la posibilidad de nuevas comprensiones (Valencia, Méndez, y Jiménez, 2006, citado por Sandoval, 2008:57).

El concepto de conductor ésta vinculado a tres aspectos importantes, que a su vez resaltan las cualidades de la materia, a continuación, se nombraran:

- ✓ Para describir la funcionalidad que tienen en la explicación de los fenómenos eléctricos, se debe tener en cuenta que la materia posee un fluido eléctrico.
- ✓ El flujo eléctrico fluye en pequeñas porciones o en su totalidad electricidad.
- ✓ La materia cambia su comportamiento frente a otra cuando es electrificada, es decir que previamente sus cualidades eléctricas han sido modificadas al ser frotada, o al hacer tenido contacto con otra. Por ende, las cualidades eléctricas permiten establecer la interacción de los fluidos eléctricos presentes en la materia.

3. Capítulo 3

En este capítulo contiene tres descripciones textuales con su respectivo análisis sobre las construcciones conceptuales que el autor Maxwell (1881) planteó en su tratado para comprender las fenomenologías eléctricas. A su vez permitirá establecer la trazabilidad conceptual que dará inicio a la reconstrucción del concepto de superficie equipotencial.

Reconstrucción del concepto de superficie equipotencial UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD de James Cleck Maxwell, (1881).

3.1. Fuerza electromotriz

Descripción dada por Maxwell sobre la fuerza que genera las posiciones aleatorias de los ligeros trozos de papel, los cuales están entre la bandeja y la mesa. No olvidar que él llama a ese espacio campo eléctrico.

Definición – Todo lo que produce o tiende a producir una transferencia de electrificación se llama Fuerza electromotriz (Maxwell , 1881,p.5).

De esta manera, cuando dos conductores electrificados están conectados a un alambre, la electrificación es transferida a lo largo del alambre de uno cuerpo a otro, la tendencia de esta transferencia existió antes de introducir el alambre, y cuando el alambre se introdujo, se produce esta transferencia, desde un cuerpo a otro a lo largo del camino marcado por el alambre, se llama la fuerza electromotriz (Maxwell , 1881,p.5).

Para definir completamente la fuerza electromotriz de un punto a otro, es necesario, en general, especificar una ruta particular desde un punto a otro a lo largo del cual se debe estimar la fuerza electromotriz. En muchos casos, algunos serán descritos cuando llegamos a fenómenos electrolíticos, termoeléctricos y electromagnético, la fuerza electromotriz de un punto a otro puede ser diferente a lo

*largo de distintos caminos. Si limitamos nuestra atención, sin embargo, como se debe hacer en esta parte del tema, para la teoría de la electricidad en equilibrio que está en reposo, vamos a encontrar que la fuerza electromotriz desde un punto a otro es la misma para todas las trayectorias dibujados en el aire*¹⁷. (Maxwell , 1881,p.5)

3.1.1. Análisis

De lo anterior, Maxwell dice que *la fuerza electromotriz está definida como la transferencia de electrificación de un cuerpo a otro*, y retomando los experimentos de electrificación por fricción y electrificación de un conductor, se podrá deducir que el campo eléctrico que él identifico, esta generado por la transferencia de electrificación entre la bandeja y los trozos de papel y/o la barra de ámbar y los trozos de papel.

También, la transferencia electrostática se generó cuando en el experimento de electrificación positiva y negativa, el hilo conductor (alambre) está unido a los cuerpos esféricos y estos inician a moverse de una bandeja a otra, indicando que hay una fuerza electromotriz, la cual causa que varié su comportamiento y se observe un movimiento pendular de las esferas entre las bandejas.

Por lo tanto, cada elemento que permite llevar a cabo una transferencia de electrificación no se podrá calificar como conductor, ya que, si está no se transfiere de forma uniforme sobre la superficie de todo el objeto, se le caracteriza como material aislante que permite el soporte de la electrificación. Y si esté objeto no interactua con una fuerza electromotriz se denominará como elemento no conductor, un ejemplo de objeto no conductor identificado en las experiencias de Maxwell son las copas de vidrio.

Pero, si a un objeto se le aplica una fuerza electromotriz y la electrificación de toda la superficie es uniforme, este se caracterizará por ser un elemento conductor, pues Maxwell dedujo que al acercarle un cuerpo conductor a este tipo de objetos se observara una tenue luz parpadeante, que indicara una descarga del material conductor.

La construcción del concepto de conductor y aislador está hilada con dicha definición, pues como hemos mencionado anteriormente la clasificación de estos elementos no estará dada por si conduce o no conduce, si no por la variación de su comportamiento a la hora de interactuar bajo diferentes condiciones.

Las experimentaciones llevan a una reconstrucción conceptual, en el caso de este documento, la importancia de interpretar la información de cada experimento narrado por Maxwell, permite establecer

¹⁷ Traducción del documento AN ELEMENTARY TREATISE ON ELECTRICITY y publicado en 1881, p. 5.

que los conceptos no nacen de explicaciones sin sentido, si no que poseen un trasfondo experimental y conceptual que les permite contextualizar y reinterpretar, para una mejor comprensión.

A continuación, se presenta la siguiente contextualización:

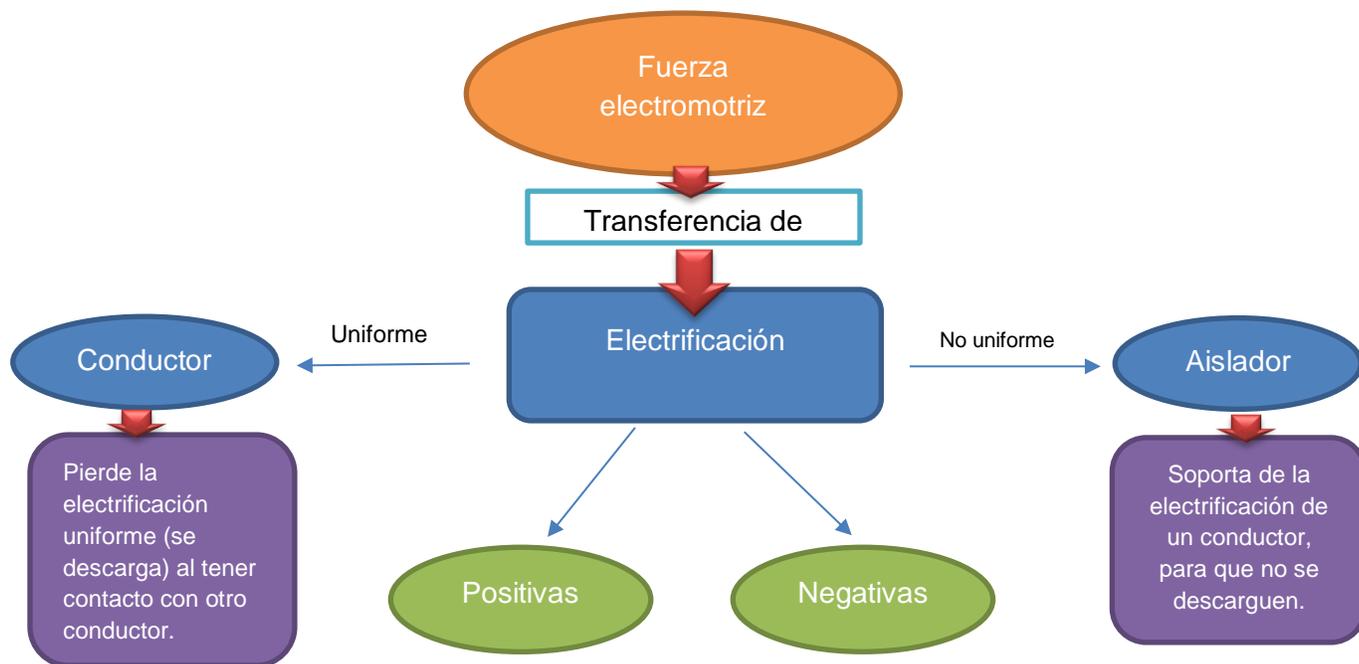


Figura 16, Esquema de caracterización conceptual de los conceptos aislador y conductor, recuerde que en este trabajo no se habla de resinoso y vidrio, sino de positivo y negativo, ya que es la caracterización que *Maxwell* inicia en el tratado elemental, Elaboración propia

Para concluir, se tiene que analizar el trasfondo de la conceptualización de la fuerza electromotriz, pues se puede afirmar que la conductividad está caracterizada por la transferencia de electrificación, ya que, el fenómeno que ocurre al unir dos cuerpos por medio de un alambre no ocurrirá si se cambia por una barra delgada de ámbar, en este caso se notará que no sufrió ningún cambio perceptible.

3.2. Potencial eléctrico

A continuación, se enuncia la descripción que Maxwell da sobre el potencial eléctrico.

La fuerza electromotriz en cualquier punto, a lo largo del camino trazado en el aire, hasta cierto punto elegido como referencia, se le llama potencial eléctrico a ese punto (Maxwell,1881, p.6).

Debido a que los fenómenos eléctricos dependen sólo de las diferencias de potencial, estos no tienen ninguna consecuencia si asumimos el punto de referencia con potencial cero, estableciendo que no lo cambiemos durante la misma serie de mediciones (Maxwell,1881, p.6).

En los tratados matemáticos, el punto de referencia se toma a una distancia finita del sistema electrificado bajo consideración. La ventaja de esto es que la expresión matemática para el potencial está dada para un pequeño cuerpo electrificado y es reducido a su forma más simple (Maxwell,1881, p.6).

En el trabajo experimental es conveniente asumir como punto de referencia algún objeto en la conexión metálica con relación a la tierra, como cualquier parte del sistema de tuberías de metal que transportan el gas o agua de una ciudad (Maxwell,1881, p.6).

A menudo es conveniente asumir que, las paredes, el suelo y el techo de la sala en la que los experimentos se realizan, se reduce la potencia en todas las superficies interiores de la habitación, y adquiere casi el mismo potencial. Este potencial se puede tomar como cero (Maxwell,1881, p.6).

Cuando un instrumento está encerrado en una caja metálica el potencial de la caja puede suponerse que es cero¹⁸. (Maxwell,1881, p.6)

3.2.1. Análisis

En este caso el autor denomina *potencial eléctrico* a un punto cualquiera que se selecciona dentro del camino que recorre la electrificación mientras se transfiere de un cuerpo a otro y también establece que los fenómenos eléctricos dependen de una diferencia de potencial.

Lo anterior lleva a preguntarse ¿Qué se entiende por diferencia de potencial?

La diferencia de potencial está determinada por el potencial eléctrico que se toma de dos puntos diferentes de la trayectoria que se generó por la transferencia de electrificación de un cuerpo a otro, Pero, lo anterior se da si la electrificación no es uniforme, ya que, cada punto estará con diferente electrificación.

No obstante, los cuerpos que tienen la capacidad de tener su superficie electrificada uniformemente, el valor del potencial eléctrico será el mismo en cada punto de la superficie.

A continuación, destaquemos la presentación del concepto de potencial eléctrico en los textos escolares y universitarios:

¹⁸ Traducción del documento AN ELEMENTARY TREATISE ON ELECTRICITY y publicado en 1881, p. 6.

Documento	Concepto	Descripción
Serway, R., & Jewett, J. (2009). Física para ciencias e ingeniería con física moderna. México D.F: Cengage Learning Editores, S.A.	Potencial eléctrico	... al dividir la energía potencial entre la carga de prueba se obtiene una cantidad física que depende solo de la distribución de la carga fuente y tiene un valor en cada uno de los puntos de un campo eléctrico. Esta cantidad se conoce como potencial eléctrico. (Serway & Jewett, 2009)
Romero M., O., & Bautista B., M. (2011). Hipertexto Física 2. Bogotá D.C.: Editorial Santillana S. A	Potencial eléctrico	El potencial en un punto del campo eléctrico es la energía potencial de la unidad de carga positiva en ese punto. (Romero & Bautista, 2011)

Figura 17, Tabla de comparativa del concepto de potencial eléctrico en los textos escolares.

La tabla elaborada permite establecer una relación entre las descripciones del *potencial eléctrico* con las del documento original de Maxwell, se evidenció que los textos escolares exponen el concepto potencial eléctrico como, *un punto del campo eléctrico* recuerde que, para Maxwell, el campo eléctrico es un espacio en el cual la fuerza electromotriz genera el movimiento aleatorio de los cuerpos más ligeros que están dentro de él. Si se retoma el texto de Maxwell (1881) el autor expone una serie de experiencias que permiten llegar a la comprensión del concepto, ya que, se expone que el potencial está relacionado con la transferencia de electrostática que se da por medio de un conductor, pues el aire o el contacto directo termina siendo el medio es el transporte de la electrificación.

Se obtiene que, cada elemento conductor y aislante cumplen una función determinada en distintas situaciones, por tal razón, se aclara que los conceptos a reconstruir en el trabajo no son definidos y mucho menos son simples clasificaciones de la materia, como se ha venido mencionando en cada análisis. El trasfondo para dar las conceptualizaciones está regido por situaciones e interacciones entre los cuerpos.

3.3. Superficie equipotencial

Descripción de la superficie equipotencial según Maxwell.

La región del espacio en la cual el potencial es mayor, un cierto valor se divide desde la región en la que se tiene un valor inferior para formar una superficie llamada superficie equipotencial, en cada punto cuyo potencial tiene el mismo valor (Maxwell, 1881,p.7).

Podemos concebir una serie de superficies equipotenciales que se describirán, y que corresponden a una serie de potenciales en orden aritmético (Maxwell, 1881,p.7).

El potencial de cualquier punto será indicado por su posición en la serie de superficies equipotenciales (Maxwell, 1881,p.7).

No se pueden cortar dos superficies equipotenciales diferentes, ya que ningún punto puede tener dos potenciales diferentes¹⁹. (Maxwell, 1881,p.7)

3.3.1. Análisis

Se menciona que para establecer una superficie equipotencial es necesario identificar el potencial eléctrico que se encuentra sobre el cuerpo, ya que dicha superficie está regida o acotada por una región, la cual contiene el mismo potencial en toda la superficie, lo que quiere decir que la región acotada presentara en cualquier punto el mismo potencial.

Pero ¿Qué conceptualiza al concepto de superficie equipotencial?, ya que, solamente se está identificando una región como superficie equipotencial, para encontrar la respuesta realizaremos una transversalidad de todo el análisis realizado, a continuación, se expone que:

1. Recuerde que se inició con la construcción de los conceptos de conductor y aislador, donde se expuso una serie de eventualidades que permitieron observar el comportamiento de los cuerpos al entrar en diferentes interacciones y al haber sufrido diferentes alteraciones eléctricas. Permitiendo concluir que había cuerpos que facilitaron las descargas eléctricas y cuerpos que permitieron establecer atracciones y repulsiones entre ellos. Sin olvidar que las superficies pueden electrificarse uniformemente o tan solo electrizarse una pequeña región.
No es lo mismo la alteración eléctrica de una barra metálica a una barra de ámbar, su potencial será totalmente distinto.
2. Identificar que a través de la descripción experimental que la electrificación de los cuerpos puede generar cambio en la interacción entre ellos, pues Maxwell (1881) plantea que el establecer situaciones que electrificaran diferentemente a los cuerpos le permitió observar

¹⁹ Traducción del documento AN ELEMENTARY TREATISE ON ELECTRICITY y publicado en 1881, p. 7.

como ellos se atraen o repelen, sin olvidar que después estas electrificaciones se clasificaron como electrificación positiva y negativa.

3. La electrificación de los cuerpos se puede ser positiva o negativa.
4. Una superficie equipotencial está determinada por el potencial eléctrico, el cual es uniforme en toda la región del objeto.

A continuación, se presenta la tabla comparativa del concepto de superficie equipotencial, el cual es mencionado en los siguientes textos escolares y presentado con la siguiente descripción:

Documento	Concepto	Descripción
Serway, R., & Jewett, J. (2009). Física para ciencias e ingeniería con física moderna. México D.F: Cengage Learning Editores, S.A.	Superficie equipotencial	Primera mirada que se expone en el libro: ... <i>A cualquier superficie formada por una distribución continua de puntos con el mismo potencial eléctrico se le denomina superficie equipotencial.</i> (Serway & Jewett, 2009) Segunda mirada que se expone, cuando el potencial eléctrico es el mismo en toda la superficie: <i>La superficie en cualquier conductor con carga en equilibrio electrostático es una superficie equipotencial. Además, ya que el campo eléctrico es igual a cero en el interior del conductor, el potencial eléctrico es constante en cualquier punto en el interior en el conductor y en la superficie es equivalente a su valor.</i> (Serway & Jewett, 2009)
Romero M., O., & Bautista B., M. (2011). Hipertexto Física 2. Bogotá D.C.: Editorial Santillana S. A	Superficie equipotencial	No registra ninguna información sobre el concepto.
Zemansky, S., & Friedman, Y. (2009). Física Universitaria con física moderna. México D.C.: PEARSON EDUCACIÓN.	Superficie equipotencial	<i>... una superficie equipotencial es una superficie tridimensional sobre la que el potencial eléctrico V es el mismo en todos los puntos.</i> <i>El siguiente es un enunciado importante acerca de las superficies equipotenciales: Cuando todas las cargas están en reposo, la superficie de un conductor siempre es una superficie equipotencial.</i> (Zemansky & Freedman , 2009)

Figura 18, Tabla comparativa del concepto de superficie equipotencial.

Para concluir, el concepto de superficie equipotencial evoca una serie de propiedades y de transversalidad en las experiencias, donde fue importante establecer primero la reconstrucción del concepto de conductor, si se observa la tabla comparativa se concluye que este concepto no tiene un trabajo en el contexto escolar, pero si en el universitario, lo cual quiere decir que como docentes debemos actuar y empezar a culturizar a los educandos en este tipo de lenguaje científico, por otra parte, también se concluye

que las descripciones dadas por los autores en sus libros describen el concepto como la parte externa del cuerpo formada por un potencial eléctrico uniforme, el cual puede variar según la condición del conductor y la intensidad del potencial eléctrico.

Maxwell (1881), describe que la superficie equipotencial es denominada la región en la cual el potencial eléctrico es el mismo en cada punto, como, por ejemplo, el caso de las superficies conductoras, la bandeja metálica o la lámina de oro posee el mismo potencial en cada punto de la superficie, ya que, su electrificación es uniforme. Es decir que el potencial eléctrico será el mismo, por lo tanto, existirá un equilibrio electrostático.

4. Conclusiones

Se concluye que, el documento original escrito por James Clerk Maxwell (1881) y titulado UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD (Maxwell, 1881), permitió asumir un papel para los estudios históricos y de qué manera estos pueden renovar la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Surgieron varios interrogantes respecto a cómo destacar la importancia del concepto, el uso de los análisis histórico-críticos y la realización de experimentos en el aula.

Por lo tanto, el concepto es un instrumento de conocimiento y no es una construcción cognitiva aislada, estática y mecánica, puesto que en este ejercicio de autoformación se presenta el concepto como una construcción cognitiva que sufre cambios a medida que se desarrolla una mejor comprensión de los saberes científicos.

Los estudios histórico-críticos, permiten que el maestro ubique el conocimiento de acuerdo a los diferentes ámbitos y necesidades, en este caso de autoformación el conocimiento se ubicó en la reconstrucción de los conceptos conductor, aislador y superficie equipotencial, a partir del análisis realizado a los apartados del libro mencionados en el trabajo, para así tener una mejor comprensión de ellos y poderlos recontextualizar en el aula con criterio.

La ciencia se debe presentar a los alumnos de una manera no sesgada ni estática, a lo contrario se debe presentar como intervenciones culturales donde el conocimiento científico no será presente como una verdad indiscutible y el estudiante podrá recontextualizar la teoría a través de los conocimientos previos.

El experimento en el trabajo se evocó a ser más descriptivo en el ejercicio de autoformación, a partir de las descripciones que Maxwell realiza en su documento para contar lo que él observó y lo llevó a describir y caracterizar algunos saberes científicos sobre la electricidad. Pero, este ejercicio permitió comprender que el experimento no es una herramienta de verificación que se debe usar para que el estudiante le crea al maestro, esta herramienta se debe utilizar para reconstruir los saberes científicos desde el análisis y crítica a lo observado.

4.1. Conductor y Aislador

El experimento deja de ser una herramienta de verificación y comienza a ser el eje central de los análisis teóricos e investigaciones, permitiendo exaltar las experiencias sensibles y culturales que se tienen de las fenomenologías que rodean a la humanidad.

Maxwell diferenció cada fenómeno electrostático a través de los experimentos y estableció una secuencia organizada de actividades que logran mostrar e identificar el comportamiento eléctrico de la materia, por lo tanto, el experimento en el cual una barra de ámbar es frotada y luego de ser acercada a ligeros trozos de papel estos se atraen hacia ella con facilidad, algunas experiencias cotidianas son relacionadas con las mencionadas anteriormente pues son perceptibles con los sentidos y se evidencia que a pesar de cambiar los elementos que hacen parte de la experiencia hay una correspondencia entre las predicciones y resultados que se obtienen.

No obstante, no se puede dejar a un lado el estudio de los materiales, este trabajo resalta la importancia de la construcción de conceptualizaciones para comprender los fenómenos electrostáticos, para Maxwell (1881):

“Los metales son buenos conductores; aire, vidrio, resinas, guta-percha, caucho, ebonita, parafina, etc., son aislantes buenos; pero, como hemos encontrado, no todas las sustancias resisten el paso de la electricidad, y todas las sustancias que permiten que pase, aunque en algunas pasa a diferentes grados. Por el momento vamos a considerar sólo dos clases de cuerpos, buenos conductores y buenos aislantes” (*Maxwell, 1881, p.32*).

Lo que lleva a pensar que la conductividad de un material se designó a través de los diferentes comportamientos que tenía al entrar en interacción con otros materiales, lo cual permite retomar que durante las experiencias o experimentaciones relatadas por Maxwell (1881) se puede establecer las siguientes interacciones:

- ✓ La interacción de una barra de ámbar al ser frotada con una franela, generó cambio en la barra y permitió evidenciar que atraía cuerpos muy ligeros
- ✓ Se presenta una interacción entre una bandeja y una hoja de oro, teniendo en cuenta que la hoja de oro previamente fue alterada eléctricamente, al igual que la barra de ámbar al ser frotada con una franela, pues el contacto directo de la hoja con la franela generó que la bandeja cambiara su electrificación y atrajera los ligeros trozos de papel que reposaban en la mesa.

- ✓ La experiencia mencionada anteriormente fue configurada de forma diferente, es decir que entraron más elementos a hacer parte del sistema, uno de ellos fue una barra de ámbar, la cual se acercó a la bandeja y se observó que esta no generó cambio alguno, en una segunda ocasión se acercó una barra de metal, la cual si generó una interacción visible para el observador.

Lo observado fue una descarga eléctrica, la cual se describe como “chispa”, esta nuevamente hizo presencia cuando se acercó de forma accidental los nudillos de la mano.

- ✓ Se identificó que el comportamiento de dos esferas varía si estas eran previamente electrificadas con el mismo elemento o con distintos elementos, pues si eran electrificadas con el mismo elemento estas se repelían y si se electrificaban con diferente elemento estas se atraían, lo cual permitió establecer que la electrificación era distinta y Maxwell (1881) concluyó que la electrificación se podía presentar positiva o negativa.

Maxwell (1881) estableció que se puede clasificar en dos grupos de materiales los conductores y los no conductores (aislantes), resaltando que los conductores lo conforman los materiales metálicos y a los cuales se les atribuye la cualidad de permitir que el flujo eléctrico se distribuya uniformemente por el cuerpo, es decir la carga se mantendrá constante, puesto que se observó que la chispa que se percibió tras la descarga de la bandeja puede ocurrir en cualquier punto de ella, por lo tanto se puede afirmar que los materiales conductores son aquellos que se descargan y producen una chispa. En cambio, los materiales no conductores difícilmente pueden adquirir una carga constante, y lo que quiere decir que son buenos aislantes eléctricos, ya que ellos se resisten a dejar fluir con facilidad la carga lo que lleva a que estos restrinjan el paso de las descargas eléctricas, ya que, se observó que todo cuerpo que no se descargaba no produce una chispa y que la interacción que tienen al ser electrificados solo ocurre en la superficie que se frotó y no en todo el cuerpo del objeto. Por lo tanto, se puede afirmar que los materiales que son aislantes no producen ningún tipo de descarga a través de una chispa. Maxwell establece que la función que tienen los cuerpos aislantes es recubrir o aislar los cuerpos conductores para evitar que pierdan sus cualidades eléctricas los conductores.

Así que, observe el siguiente cuadro donde se concluye la construcción conceptual de conductor y aislador:

El concepto de conductor en la organización del fenómeno electrostático.	El concepto de aislador en la organización del fenómeno electrostático.
<p>Se establece que existen cualidades eléctricas que permiten ser modificadas y que se puede observar a través de la interacción con otro objeto.</p> <p>Pero, si no se entra en contacto con otro cuerpo es difícil observar una modificación eléctrica en el cuerpo</p> <p>En la interacción de dos cuerpos se observó una “chispa”, se pudo determinar que la taxonomía del material permitió que las cualidades eléctricas que se modificaron previamente sufrieran una nueva modificación para volver a su estado inicial, este efecto se denominó descarga y se puede afirmar que solo surge con cuerpos que son muy buenos conductores según Maxwell.</p> <p>Ya que, esta interacción permitió a Maxwell establecer que los objetos que se descargaban a través de una chispa eran conductores, como el cuerpo humano y los metales.</p> <p>¿Por qué se denominan buen conductor a un material?</p> <p>Según Maxwell (1881) se puede denominar buen conductor aquellos cuerpos que permitan el transporte de electrificación, y los cuales reaccionen al realizar contacto con otros materiales a través de una chispa.</p> <p>Esto permite establecer que las interacciones de los cuerpos se dan en diferentes grados, es decir que la chispa se observará, pero según el tipo de material conductor cambiara su intensidad.</p> <p>¿Cómo se sabe que un material es un buen conductor?</p> <p>En este trabajo se identifica que no se expone un indicador tangible como una herramienta o artefacto que mida o detecte cómo se establece el transporte de electrificación, pero sí existe un indicador sensible el cual evidencia una serie de comportamientos entre los materiales, lo que permite establecer que los materiales son conductores, esta primera mirada de Maxwell, solo se pueden clasificar aquellas situaciones que se presenten un cambio en la interacción de dos cuerpos, es decir se observe una chispa entre los cuerpos.</p>	<p>A la hora de hablar de la taxonomía de los materiales que reciben la característica de ser aislantes, primero se debe establecer que hoy en día se diría que algunos de ellos no son de utilidad para el ser humano, pues no tienen una eficiencia de la transferencia de la electricidad, y se reconocen como no conductores eléctricos, pero, Maxwell (1881) los clasifica como buenos aislantes.</p> <p>Los aislantes para Maxwell (1881) reciben la característica de tener cualidades eléctricas que soportan la electrificación de los cuerpos conductores.</p> <p>Como se mencionó las experiencias descritas por el autor permitieron establecer que no todos los cuerpos interactuaban entre sí, por ejemplo, se nombra en el texto que los cuerpos solo se alteran al estar previamente modificados eléctricamente y al entran en contando dos cuerpos metálicos, pero si se interactúan dos cuerpos en el cual uno de ellos es de goma y el otro de metal estos no presentan una alteración visible a la vista del hombre.</p> <p>Por otro lado, encontramos que los materiales como el aire, el vidrio, la resina, la gutapercha, etc., son materia que se caracterizaron por no descargarse a través de una chispa.</p> <p>Se concluye que, los elementos que reciben la característica de ser aislantes son cuerpos que no permitirán su descarga y no entran en interacción con cuerpos conductores, por lo tanto, tienen la capacidad de ser un excelente soporte para los materiales conductores, y aislar la interacción entre los cuerpos conductores (es decir aislar la chispa) el transporte mínimo de electrificación y la cual no es suficiente para generar una interacción notable ante los ojos del hombre.</p> <p>¿Cómo se sabe que un material es un buen aislante?</p> <p>Al igual que los materiales conductores no hay un instrumento tangible que se exponga en el documento original, pero si existe un indicador sensible pues permitió clasificar los cuerpos en aislantes, ya que estos no interactúan entre si y no muestran que se</p>

Por lo tanto, se puede establecer que se habla del concepto de conductor cuando la descarga eléctrica que sufren los cuerpos se percibe a través de una chispa.	genere una descarga del material, es decir se evidencie una chispa perceptible para el ser humano.
---	--

Figura 19, cuadro concluyente de la reconstrucción de conceptos de conductor y aislador.

El anterior cuadro establece una transversalidad de las primeras experiencias de la construcción de los conceptos de aislador y conductor, puesto que Maxwell (1881) escribe otro tratado donde sigue aportando al crecimiento de la reconstrucción de los conceptos.

Estas experiencias descritas permiten realizar una organización del fenómeno electrostático para establecer una mejor comprensión:

- ✓ Se habla de electrificación cuando un cuerpo es frotado y este se comporta de manera diferente, se establece por la percepción del observador que tiene cualidades eléctricas, por lo tanto, se asume que todos los cuerpos están electrificados.
- ✓ Un cuerpo es electrificado por fricción, contacto o por acercamiento.
- ✓ Algunos cuerpos son buenos *conductores*, ya que se observa que cuando estos interactúan entre sí, generan una descarga que muestre una chispa como evidencia.
- ✓ Algunos cuerpos son buenos *aisladores*, ya que sirven como soporte de la electrificación de los cuerpos conductores, y se observa que estos cuerpos cuando entran en interacción no producen una descarga, ya que no se evidencia una chispa.

Conductor: Se identifica como elemento conductor la bandeja, la hoja de oro, la barra de metal y el cuerpo humano, ya que, la interacción entre estos materiales fue producir una chispa, la cual evidencia que hay presente una descarga eléctrica entre los objetos conductores.

Aislador: Se identificó que los cuerpos que se clasifican como aislantes si poseen cualidades eléctricas que soportan la interacción entre los elementos conductores. Se establece que todo cuerpo que entra en interacción, pero no produce ninguna *chispa* se clasificará como muy buen aislante, y se puede afirmar que no se evidencia una descarga eléctrica. En el experimento los elementos no conductores fueron las copas, y los trozos de papel y barra de ámbar

No conductor: Se llama no conductor al material que no entra en interacción y no sirve de soporte de electrificación entre los materiales conductores.

También se concluye que, la anterior organización permite establecer que la percepción del ser humano puede clasificar los cuerpos en buenos conductores si el comportamiento de ellos muestra una descarga o chispazo, pero, se clasifica como buenos aislantes si el comportamiento de los cuerpos no es percibido por los sentidos, ya que no se observa ninguna interacción.

4.2. Superficie equipotencial

Cuando se habla del concepto de superficie²⁰ equipotencial se concluye que a través del concepto de conductor se puede dar inicio a su reconstrucción, pues se atribuye que un elemento es conductor cuando el transporte de electrificación en todo el material es de manera uniforme y este permite descargarse, por lo tanto, para denominar una superficie equipotencial se identifica que la región del objeto conductor se encuentra electrificada, ya que esto permitirá establecer que potencial en esa región es la mismas en todos los puntos que se tome, por lo que se establece que dicha región posee una electrificación equilibrada.

Superficie equipotencial: Se identificó que, si se el valor del potencial es el mismo a lo largo de los diferentes puntos del camino de una región de la superficie de un conductor como la bandeja o la hoja de oro, se denominara superficie equipotencial.

No obstante, cabe mencionar y resaltar nuevamente que el concepto de superficie equipotencial no tiene un trabajo en el contexto escolar, pues en los textos escolares no se menciona el concepto y tampoco se observa una relaciona clara con la electricidad, pero si en el universitario, lo cual quiere decir que el docente debe actuar y empezar a culturizar a los educandos en este tipo de lengua científico y llevarlos a reconstruir de forma propositiva los saberes científicos, para así llevar a cabo una recontextualización de saberes.

²⁰ Superficie: entendiendo por superficie una capa fina externa de un cuerpo que lo separa del entorno.

5. Anexos: Traducciones

A continuación, se presentan los fragmentos originales del documento UN TRATADO ELEMENTAL SOBRE ELECTRICIDAD (Maxwell, 1881) y su traducción.

5.1. Electrification by friction

Take a stick of sealing-wax, rub it on woollen cloth or flannel, and then bring it near to some shreds of paper strewed on the table. The shreds of paper will move, the lighter ones will raise themselves on one end, and some of them will leap up to the sealing-wax. Those which leap up to the sealing-wax sometimes stick to it for a while, and then fly away from it suddenly. It appears therefore that in the space between the sealing-wax and the table is a region in which small bodies, such as shreds of paper, are acted on by certain forces which cause them to assume particular positions and to move sometimes from the table to the sealing-wax, and sometimes from the sealing-wax to the table.

These phenomena, with others related to them, are called electric phenomena, the bodies between which the forces are manifested are said to be electrified, and the region in which the phenomena take place is called the electric field.

Other substances may be used instead of the sealing-wax. A piece of ebonite, gutta-percha, resin or shellac will do as well, and so will amber, the substance in which these phenomena were first noticed, and from the Greek name of which the word electric is derived.

The substance on which these bodies are rubbed may also be varied, and it is found that the fur of a cat's skin excites them better than flannel.

It is found that in this experiment only those parts of the surface of the sealing-wax which were rubbed exhibit these phenomena, and that some part of the rubbed surface are apparently more active than others. In fact, the distribution of the electrification over the surface depends on the previous history of the sealing-wax, and this in a manner so complicated that it would be very difficult to investigate it. There are

other bodies, however, which may be electrified, and over which the electrification is always distributed in a definite manner. We prefer, therefore, in our experiments, to make use of such bodies.

The fact that certain bodies after being rubbed appear to attract other bodies was known to the ancients. In modern times many other phenomena have been observed, which have been found to be related to these phenomena of attraction. They have been classed under the name of electric phenomena, amber, ἤλεκτρον, having been the substance in which they were first described.

Other bodies, particularly the loadstone and pieces of iron and steel which have been subjected to certain processes, have also been long known to exhibit phenomena of action at a distance. These phenomena, with others related to them, were found to differ from the electric phenomena, and have been classed under the name of magnetic phenomena, the loadstone, μάγνης, being found in Magnesia²¹.

These two classes of phenomena have since been found to be related to each other, and the relations between the various phenomena of both classes, so far as they are known, constitute the science of Electromagnetism²² (Maxwell, 1881, p.1).

A continuación, se presenta la traducción del apartado.

5.1.1. La electrificación por fricción

Tome una barra de lacre, frótela con un paño de lana o franela, y luego llévela cerca de algunos pedazos de papel derramados sobre la mesa. Los pedazos de papel se moverán, los más ligeros se elevarán de un extremo, y algunos de ellos van a saltar a la barra de lacre. Aquellos que se adhieren recubren la lacre por un tiempo, y luego “vuelan” de repente lejos de ella.

Por lo tanto, La región que aparece en el espacio entre la lacre y la mesa es una región donde los cuerpos pequeños, como los pedazos de papel, actúan sobre ellos ciertas fuerzas que causan que asuman posiciones particulares para moverse algunas veces de la mesa a la lacre, y a veces desde la lacre a la mesa.

²¹ *The name of magnesia has been given to two districts, one in Lydia, the other in Thessaly. Both seem to have been celebrated for their mineral products, and several substances have been known by the name of magnesia besides that which modern chemists know by that name. The loadstone, the touchstone, and meerschaum, seem however to have been the principal substance which were called Magnesian and magnetic, and these are generally understood to be Lydian stones.*

²² Maxwell, J. (1881). *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC.

Estos fenómenos, y otros relacionados a ellos, se llaman fenómenos eléctricos, los cuerpos en los que la fuerza se manifiesta se dice que son electrificados, y la región en la que el fenómeno tiene lugar se llama campo eléctrico.

Otras sustancias pueden ser utilizadas en lugar de la lacre. Un pedazo de ebonite, gutta-percha, resina o goma lo harán también, y será el ámbar, la sustancia en la que estos fenómenos eran notados primero, y el nombre proviene del griego donde la palabra eléctrico es derivada.

La sustancia sobre la cual se frotan estos cuerpos puede ser también variada, y se ha comprobado que la piel de los gatos los excita mejor que la franela.

Se ha encontrado que en este experimento sólo aquellas partes de la superficie que se frotaron de la lacre se exhibe el fenómeno, y que algunas de estas partes de la superficie frotada son aparentemente más activas que otras. De hecho, la distribución de la electrificación sobre la superficie depende de la historia previa de la lacre, y esto de alguna manera es muy complicado así que será muy difícil de investigar.

Sin embargo, hay otros cuerpos, que pueden ser electrificado, y sobre los cuales la electrificación es siempre distribuida de una manera uniforme. Preferimos, por lo tanto, en nuestros experimentos, hacer uso de tales cuerpos.

Otros cuerpos, en particular la magnetita y las piezas de hierro y de acero, los cuales han sido sometidos a ciertos procesos, también fueron exhibidos los fenómenos de la acción a distancia. Estos fenómenos, con otros relacionados con ellos, se fueron encontrado diferencias entre los fenómenos eléctricos y han sido clasificados bajo el nombre de fenómenos magnéticos, la Magnetita o en griego *μάγνης*, se encuentra en Magnesia²³.

Estas dos clases de fenómenos desde entonces se han ido encontrado para ser relacionados entre sí, y las relaciones entre los distintos fenómenos de ambas clases, a medida que son conocidos, constituyen la ciencia del electromagnetismo²⁴ (Maxwell, 1881, p.1.).

²³ El nombre de Magnesia se debió a dos distritos, uno en Lydia, la otra en Tesalia. Ambos parecen haber sido famosos por sus productos minerales, y varias sustancias se han conocido por el nombre de magnesia además de eso los químicos modernos lo conocen por ese nombre. La magnetita, la piedra de toque, y la espuma de mar, parecen sin embargo haber sido las principales sustancias que fueron llamados Magnesia y magnético, y estos son, generalmente, las piedras de Lydia.

²⁴ Traducción realizada al documento de Maxwell, J. (1881), titulado *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC. P.1.

5.2. Electrification of a conductor

Take a metal plate of any kind (a tea-tray, turned upside down, is convenient for this purpose) and support it on three dry wine glasses. Now place on the table a plate of ebonite, a sheet of thin gutta-percha, or a well-dried sheet of brown paper. Rub it lightly with fur or flannel, lift it up from the table by its edges and place it on the inverted tea-tray, taking care not to touch the tray with your fingers.

CONDUCTOR.

It will be found that the tray is now electrified. Shreds of paper or gold-leaf placed below it will fly up to it, and if the knuckle is brought near the edge of the tray a spark will pass between the tray and the knuckle, a peculiar sensation will be felt, and the tray will no longer exhibit electrical phenomena. It is then said to be discharged. If a metal rod, held in the hand, be brought near the tray the phenomena will be nearly the same. The spark will be seen and the tray will be discharged, but the sensation will be slightly different.

If, however, instead of a metal rod or wire, a glass rod, or stick of sealing-wax, or a piece of gutta-percha, be held in the hand and brought up to the tray there will be no spark, no sensation, and no discharge. The discharge, therefore, takes place through metals and through the human body, but not through glass, sealing-wax, or gutta-percha. Bodies may therefore be divided into two classes: conductors, or those which transmit the discharge, and non-conductors, through which the discharge does not take place.

In electrical experiments, those conductors, the charge of which we wish to maintain constant, must be supported by non-conducting materials. In the present experiment the tray was supported on wine glasses in order to prevent it from becoming discharged. Pillars of glass, ebonite, or gutta-percha may be used as supports, or the conductor may be suspended by a white silk thread. Solid non-conductors, when employed for this purpose, are called insulators. Copper wires are sometimes lapped with silk, and sometimes enclosed in a sheath of gutta-percha, in order to prevent them from being in electric communication with other bodies. They are then said to be insulated.

The metals are good conductors; air, glass, resins, gutta-percha, caoutchouc, ebonite, paraffin, &c., are good insulators; but, as we shall find afterwards, all substances resist the passage of electricity,

*and all substances allow it to pass though in exceedingly different degrees. For the present we shall consider only two classes of bodies, good conductors, and good insulators*²⁵. (Maxwell, 1881, p.2)

A continuación, se expone la traducción del apartado.

5.2.1. Electrificación por conducción

Tome un plato de metal de cualquier clase (una bandeja de té, colocarla boca abajo, es conveniente para este propósito) y apoyarla sobre las tres copas secas de vino. Ahora coloque sobre la mesa un plato de ebonita, una hoja de fina guta-percha, o una hoja bien seca de papel marrón. Frótelo ligeramente con la piel o franela, levántelo de la mesa por los bordes y colóquelo en la bandeja de té invertida, teniendo cuidado de no tocar la bandeja con los dedos.

CONDUCTOR.

Se encontró que la bandeja está electrificada. Y los fragmentos de papel u hojas de oro que se colocaron debajo de la bandeja volaron hasta ella, y si los nudillos de la mano se llevan cerca del borde de la bandeja una chispa pasará entre la bandeja y el nudillo, se sentirá una sensación peculiar, y la bandeja ya no expondrá más los fenómenos eléctricos. Entonces se dice que se descargó. Si una barra metálica, sostenida en la mano, es traída cerca de la bandeja los fenómenos serán casi los mismos. La chispa se verá y la bandeja será descargada, pero la sensación será ligeramente diferente.

Si, sin embargo, en lugar de una barra de metal o alambre, una varilla de vidrio, o un palo de lacre, o un pedazo de guta-percha, se sostiene en la mano y es acercado hasta la bandeja no habrá ninguna chispa, ninguna sensación, o ninguna descarga. La descarga, por lo tanto, se lleva a cabo a través de los metales y el cuerpo humano, pero no a través del cristal, lacre, o guta-percha. Por lo tanto, los cuerpos se pueden dividir en dos Clases: conductores, o los que transmiten la descarga, y no conductores, a través del cual la descarga no se lleva a cabo.

En los experimentos eléctricos, aquellos materiales conductores, la carga se desea mantener constante, debe ser apoyado sobre materiales no conductores. En el presente experimento la bandeja se apoya en copas de vino con el fin de evitar que se descargue. Los pilares de vidrio, ebonita o guta-percha

²⁵ Maxwell, J. (1881). *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC.

pueden utilizarse como soportes, o el conductor puede ser suspendido por un hilo de seda blanco, sólido y no conductor, cuando se emplean para este fin, se llaman aisladores. Cables de cobre a veces se ha envuelto con la seda, y algunas veces encerrados en una funda de guta-percha²⁶, con el fin de prevenir que este en comunicación eléctrica con otros cuerpos. Entonces, se dice que están aislados.

Los metales son buenos conductores; aire, vidrio, resinas, guta-percha, caucho, ebonita, parafina, etc., son aislantes buenos; pero, como hemos encontrado, no todas las sustancias resisten el paso de la electricidad, y todas las sustancias que permiten que pase, aunque en algunas pasa a diferentes grados. Por el momento vamos a considerar sólo dos clases de cuerpos, buenos conductores y buenos aislantes²⁷ (Maxwell, 1881, p.2.).

5.3. Positive and negative electrification

Take another tray and insulate it as before, then after discharging the first tray remove the electrified sheet from it and place it on the second tray, it will be found that both trays are now electrified. If a small ball of elder pith suspended by a white silk thread be made to touch the first tray, it will be immediately repelled from it but attracted towards the second. If it is now allowed to touch the second tray it will be repelled from it but attracted towards the first. The electrifications of the two trays are therefore of opposite kinds, since each attracts what the other repels. If a metal wire, attached to an ebonite rod, be made to touch both trays at once, both trays will be completely discharged. If two pith balls be used, then if both have been made to touch the same tray and then hung up near each other they are found to repel each other, but if they have been made to touch different trays they attract each other. Hence bodies when electrified in the same way are repelled from each other, but when they are electrified in opposite ways they are attracted to each other.*

If we distinguish one kind of electrification by calling it positive, we must call the other kind of electrification negative. We have no physical reason for assigning the name of positive to one kind of electrification rather than 'to the other. All scientific men, however, are in the habit of calling that kind of electrification positive which the surface of polished glass exhibits after having been rubbed with zinc amalgam spread on leather. This is a matter of mere convention, but the convention is a useful one, provided

²⁶ Un tipo de platico

²⁷ Traducción realizada al documento de Maxwell, J. (1881), titulado *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC. P.2.

we remember that it is a convention as arbitrary as that adopted in the diagrams of analytical geometry of calling horizontal distances positive or negative according as they are measured towards the right or towards the left of the point of reference.

In our experiment with a sheet of gutta-percha excited by flannel, the electrification of the sheet and of the tray on which it is placed is negative; that of the flannel and of the tray from which the gutta-percha has been removed is positive.

In whatever way electrification is produced it is one or other of these two kinds.

** I find it convenient to fasten the other end of the thread to a rod of ebonite about 3 mm. diameter. The ebonite is a much better insulator than the silk thread, especially in damp weather²⁸. (Maxwell, 1881, p.3.)*

A continuación, se presenta la traducción del apartado.

5.3.1. Electrificación positiva y negativa

Tome otra bandeja y aíslala como antes²⁹, entonces, después de haber descargado la primera bandeja retire la hoja electrificada de ella y colóquela sobre la segunda bandeja. Se encontrará que ambas bandejas están ahora electrificadas. Si una pequeña esfera de sauco está suspendida por un filamento* de seda blanco y esta toca la primera bandeja, será inmediatamente repelido por ella, pero atraído hacia la segunda bandeja. Si ahora este trata de tocar la segunda bandeja será repelido por ella, pero atraído hacia la primera. Las electrificaciones de las dos bandejas por lo tanto son de clases opuestas, ya que cada uno atrae lo que el otro repele. Si un alambre de metal es unido a una barra de ebonita, este se realiza para tocar las dos bandejas a la vez, las dos bandejas se descargarán completamente. Si, se utilizan dos esferas de sauco, y después, si ambas han tocado la misma bandeja y luego cuelgan cerca una de la otra se encuentran para repeler entre sí, pero si se han hecho para tocar diferentes bandejas se atraen entre sí. De ahí que los cuerpos

²⁸ Maxwell, J. (1881). *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC.

²⁹ Se refiere a aislar la bandeja con las cuatro copas de la superficie como se realizó en experimento II.

cuando son electrificados de la misma manera se repelen entre sí, pero cuando ellos son electrificados de modo diferente se atraen entre sí.

Si distinguimos un tipo de electrificación llamándolo positivo, debemos llamar a la otra clase de electrificación negativa. No tenemos ninguna razón física para asignar el nombre de positiva a una clase de la electrificación en lugar de otra. Todos los hombres científicos, sin embargo, es una costumbre natural llamarla electrificación

positiva a cuyas superficies de exposiciones como el vidrio pulido después de haber sido frotado con la amalgama de zinc sobre la piel. Esta es una cuestión de mera convención, pero la convención es un útil, a condición de que recordamos que se trata de una convención tan arbitrario como la que es adoptada en los diagramas de geometría analítica de llamar distancias horizontales positivo o negativo de acuerdo con ellos son medidas hacia la derecha o hacia la izquierda del punto de referencia.

En nuestro experimento con una hoja de guta-percha excitada por la franela, la electrificación de la lámina y de la bandeja sobre la cual es colocado es negativa; el de la franela y de la bandeja de la cual la gutapercha ha sido retirada es positivo.

De cualquier manera, la electrificación que se produce es de dos clases de una u otra.

* Resulta conveniente para sujetar el otro extremo del hilo a una varilla de ebonita aproximadamente 3 mm de diámetro. La ebonita es mucho mejor aislante que el hilo de seda, especialmente en clima húmedo³⁰ (Maxwell, 1881, p.3.).

5.4. Electromotive force

Definition - Whatever produces or tends to produce a transfer of Electrification is called Electromotive Force.

Thus, when two electrified conductors are connected by a wire, and when electrification is transferred along the wire from one body to the other, the tendency to this transfer, which existed before

³⁰ Traducción realizada al documento de Maxwell, J. (1881), titulado *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC. P.3.

the introduction of the wire, and which, when the wire is introduced, produces this transfer, is called the Electromotive Force from the one body to the other along the path marked out by the wire.

To define completely the electromotive force from one point to another, it is necessary, in general, to specify a path from the one point to the other along which the electromotive force is to be reckoned. In many cases, some of which will be described when we come to electrolytic, thermoelectric, and electromagnetic phenomena, the electromotive force from one point to another may be different along different paths. If we restrict our attention, however, as we must do in this part of our subject, to the theory of the equilibrium of electricity at rest, we shall find that the electromotive force from one point to another is the same for all paths drawn in air from the one point to the other³¹(Maxwell, 1881, p.5).

A continuación, se presenta la traducción del apartado.

5.4.1. Fuerza electromotriz

Definición – Todo lo que produce o tiende a producir una transferencia de electrificación se llama Fuerza electromotriz.

De esta manera, cuando dos conductores electrificados están conectados a un alambre, la electrificación es transferida a lo largo del alambre de uno cuerpo a otro, la tendencia de esta transferencia existió antes de introducir el alambre, y cuando el alambre se introdujo, se produce esta transferencia, desde un cuerpo a otro a lo largo del camino marcado por el alambre, esto llama la fuerza electromotriz.

Para definir completamente la fuerza electromotriz de un punto a otro, es necesario, en general, especificar una ruta particular desde un punto a otro a lo largo del cual se debe estimar la fuerza electromotriz. En muchos casos, algunos serán descritos cuando llegamos a fenómenos electrolíticos, termoeléctricos y electromagnético, la fuerza electromotriz de un punto a otro puede ser diferente a lo largo de distintos caminos. Si limitamos nuestra atención, sin embargo, como se debe hacer en esta parte del tema, para la teoría de la electricidad en equilibrio que está en reposo, vamos a encontrar que la fuerza

³¹ Maxwell, J. (1881). *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC.

electromotriz desde un punto a otro es la misma para todas las trayectorias dibujados en el aire³². (Maxwell, 1881,p.5)

5.5. Electric potential

The electromotive force from any point, along a path drawn in air, to a certain point chosen as a point of reference, is called the Electric Potential at that point.

Since electrical phenomena depend only on differences of potential, it is of no consequence what point of reference we assume for the zero of potential, provided that we do not change it during the same series of measurements.

In mathematical treatises, the point of reference is taken at a finite distance from the electrified system under consideration. The advantage of this is that the mathematical expression for the potential due to a small electrified body is thus reduced to its simplest form.

In experimental work it is more convenient to assume as a point of reference some object in metallic connection with the earth, such as any part of the system of metal pipes conveying the gas or water of a town.

It is often convenient to assume that the walls, floor and ceiling of the room in which the experiments are carried on has conducting power sufficient to reduce the whole inner surface of the room to the same potential. This potential may then be taken for zero. When an instrument is enclosed in a metallic case the potential of the case may be assumed to be zero³³ (Maxwell, 1881, p.6).

A continuación, se presenta la traducción del apartado.

5.5.1. Potencial electrico

³² Traducción realizada al documento de Maxwell, J. (1881), titulado *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC. P.5.

³³ Maxwell, J. (1881). *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC.

La fuerza electromotriz en cualquier punto, a lo largo del camino trazado en el aire, hasta cierto punto elegido como referencia, se le llama potencial eléctrico a ese punto.

Debido a que los fenómenos eléctricos dependen sólo de las diferencias de potencial, estos no tienen ninguna consecuencia si asumimos el punto de referencia con potencial cero, estableciendo que no lo cambiemos durante la misma serie de mediciones.

En los tratados matemáticos, el punto de referencia se toma a una distancia finita del sistema electrificado bajo consideración. La ventaja de esto es que la expresión matemática para el potencial está dada para un pequeño cuerpo electrificado y es reducido a su forma más simple.

En el trabajo experimental es conveniente asumir como punto de referencia algún objeto en la conexión metálica con relación a la tierra, como cualquier parte del sistema de tuberías de metal que transportan el gas o agua de una ciudad.

A menudo es conveniente asumir que, las paredes, el suelo y el techo de la sala en la que los experimentos se realizan, se reduce la potencia en todas las superficies interiores de la habitación, y adquiere casi el mismo potencial. Este potencial se puede tomar como cero.

Cuando un instrumento está encerrado en una caja metálica el potencial de la caja puede suponerse que es cero³⁴. (Maxwell, 1881, p.6)

5.6. Equipotential superfaces

The region of space in which the potential is higher than a certain value is divided from the region in which it is lower than this value by a surface called an equipotential surface, at every point of which the potential has the given value.

We may conceive a series of equipotential surfaces to be described, corresponding to a series of potentials in arithmetical order.

³⁴ Traducción realizada al documento de Maxwell, J. (1881), titulado *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC. P.6.

The potential of any point will then be indicated by its position in the series of equipotential surfaces.

*No two different equipotential surfaces can cut one another, for no point can have two different potentials*³⁵ (Maxwell, 1881, p.7).

A continuación, se presenta la traducción del apartado.

5.6.1. Superficie equipotencial

La región del espacio en la cual el potencial es mayor, un cierto valor se divide desde la región en la que se tiene un valor inferior para formar una superficie llamada superficie equipotencial, en cada punto cuyo potencial tiene el mismo valor.

Podemos concebir una serie de superficies equipotenciales que se describirán, y que corresponden a una serie de potenciales en orden aritmético.

El potencial de cualquier punto será indicado por su posición en la serie de superficies equipotenciales.

No se pueden cortar dos superficies equipotenciales diferentes, ya que ningún punto puede tener dos potenciales diferentes³⁶ (Maxwell, 1881,p.7).

³⁵ Maxwell, J. (1881). *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC.

³⁶ Traducción realizada al documento de Maxwell, J. (1881), titulado *An elementary treatise on electricity*. Mineola, New York: Dover Publications, INC. P.7.

6. Bibliografía

- Ayala Manrique, M., Malagon S, J., & Guerrero , G. (2004). La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural. *física y cultura: Cuadernos Sobre Historia Y Enseñanza De Las Ciencias no.7*, 80-91.
- Acosta Poveda, J. (2015). *LOS ESTUDIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS EN LA FORMACIÓN DE LICENCIADOS EN FÍSICA Y CIENCIAS NATURALES: EL CASO DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA DE ROGER BOSCOVICH*. Bogotá.
- Alvarez Cadavid, G. M. (2005). *Reconceptualizar y Recontextualizar para un nuevo Ambiente de Aprendizaje*. Medellín.
- Amestoy de Sanchez , M. (1995). *desarrollo de habilidades del pensamiento: procesos básicos del pensamiento*. Mexico D.F: Trillas .
- Ayala M., M. (2006). *Los análisis histórico-crítico y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Bogotá: Pro-PosiÁies.
- Ayala Manrique, M. M., Sandoval Osorio, S., Malagón Sánchez, J. F., & Tarazona Vargas, L. (2006). EL EXPERIMENTO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS COMO UNA FORMA DE ORGANIZAR Y AMPLIAR LA EXPERIENCIA. *Ponencia presentada al III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física*.
- Ayala Manrique, M., Malagón Sánchez , J., & Sandoval Osorio , S. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías & construcción de magnitudes*. Bogotá D.C: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ayala, M. M. (2006). *Los análisis histórico-crítico y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Bogotá.
- Ayala, M. M., & Rodriguez, L. D. (1996). La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. *Cuadernos Sobre Historia Y Enseñanza De Las Ciencias. Representaciones Ii . Sobre La Ciencia Y El Conocimiento*, 75-96.
- Ayala, M., Malagón , J., & Sandoval , S. (2004). La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural . *Revista Física y Cultura. Cuadernos de Historia y Enseñanza de las Ciencias, N°7.*, 77-92.
- Cárdenas López, L., & Ramírez Pérez , D. (2009). Ampliación de la experiencia en el estudio del fenómeno electrostático. Bogotá, Colombia.

- Cohen, R. (2003). *Hertz's Philosophy of science: an introductory Essay, en HERTZ, Heirnrich, the principles of machanics presented in a new from.* New York: Dover Publitions, Inc.
- Fodor., J. (1999). *Conceptos donde la ciencia cognitiva se equivocó.* (O. C. Press, Trad.)
Barcelona: Gedisa.
- Gabàs Masip, J. (2015). MAXWELL: LA TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA DE LA LUZ. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 1-20.
- García A., E., & Estany, A. (2010). FILOSOFÍA DE LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. *Praxis Filosófica*, 7-24 .
- García Arteaga , E. (2014). Análisis Histórico-Crítico Del Fenómeno Eléctrico. *física y cultura* , 73-92.
- Greca , M. (2001). Conceptos. *Actas de la IV Escuela Latinoamericana de Enseñanza de la Física.*, 13.
- Malagón Sánchez , F., Sandoval Osorio , S., & Ayala Manrique, M. (2013). LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS Y PROCESOS DE FORMALIZACIÓN. *Praxis Filosófica Nueva serie*, 119 - 138.
- Maxwell, J. (1881). *An elementary treatise on electricity.* Mineola, New York: Dover Publications, INC.
- Mayr, E. (1998). *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança.* Brasília: Editora da UnB.
- Moreira, M. (21 de Octubre de 2008). CONCEPTOS EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA: IGNORADOS Y SUBESTIMADOS. (n. F. Brasil, Ed.) *Revista Qurriculum*.
- Nava, M., Arrieta, X., & Flores, M. (2011). *propuesta didactica para la construcción de conceptos científicos en física.* Venezuela .
- Nersessian, N. (1992). *How Do Scientist Think? Capturing the Dymanics of Conceptual Change in Science.* (Vol. Vol. XV.). (M. S. Science., Ed.) Gere, R.N, Mineapolis, Univ, Minnesota Press.: Cognitive models of science.
- Orozco C., J. (1996). CONSIDERACIONES PARA UN ENFOQUE HISTORICO-EPISTEMOLOGICO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. *UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL*.
- Orozco, J. (2005). Atajos y desviaciones: Los estudios históricos-críticos y la enseñanza de la ciencias. *TECNE,EPISTEME Y DIDAXIS (TEA)*, 70-79.

- Palacio, L. V., Machado, M., & Hoyos, J. G. (2008). La didáctica: un escenario para la construcción de juegos de lenguaje. *Revista Educación y Pedagogía*, vol. XX., 99-110.
- Piñeros Sánchez, H. (2006). *DE LA ELECTROSTÁTICA A LA MAGNETOSTÁTICA*. Bogotá, Colombia.
- Real academia española. (2011). *Real academia española*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2014, de <http://lema.rae.es/drae/?val=definicion+>
- Romero M., O., & Bautista B., M. (2011). *HIPERTEXTO FÍSICA 2*. Bogotá D.C : EDITORIAL SANTILLANA S.A.
- schaffhouser electric company LLG*. (2015-2018). Obtenido de <https://www.schaffhouserelectric.com/>
- Serwey , R. A., & Jewett, J. W. (2009). *Física para ciencias e ingenierías con física moderna* (Vol. 2). México D.F: Cengage Learning, Inc.
- Suay B., J. M. (2013). *EL CONOCIMIENTO AL FINAL DE UN HILO. LA COMETA A TRAVÉS DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA*. España : TESIS DOCTORAL, UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA.
- Tarazona , M., & Medina , J. (2011). *El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción del potencial eléctrico como una magnitud física. Elementos para una propuesta en la formación inicial y continuada de profesores de física*. . Medellín: Trabajo de grado Universidad de Antioquia. .
- Tippens, P. E. (2011). *Física, conceptos y aplicaciones*. México, D. F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Valero, M. (1994). *Física fundamental 2*. Bogotá: Norma S.A.
- Viennot, L. (2002). *Razonar en física: la contribución del sentido común*. Madrid: A. Machado.
- Vygotsky, L. S. (1995). *PENSAMIENTO Y LENGUAJE, Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*. Fausto .
- Zarragoicoechea, P. (2011). *El Paisaje, construcción de un concepto* . Buenos aires : Universidad pedagógica buenos aires.
- Zemansky, S., & Freedman , Y. (2009). *Física Universitaria con física moderna* . México D.C.: PEARSON EDUCACIÓN.
- Zitzewitz, P., & Neet, R. (1995). *Física 2, Principios y problemas*. Bogotá: Mc Graw Hill.
- Zubiría, J. (1992). *Biografía del Pensamiento*. Editorial. Bogotá.: Magisterio.

