

**EL EXPERIMENTO COMO GENERADOR DE CONOCIMIENTO EN EL ESTUDIO
DE UN SISTEMA FÍSICO COMPLEJO. EL CASO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE
CORRIENTE CONTINUA (CES-CC)**

Tesis de Grado para aspirar al Título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales

VIVIANA MARCELA VARGAS ROJAS


**Dirigido por:
ISABEL GARZÓN BARRAGÁN**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C; 2016**


Agradezco a Dios y a mi familia por su amor y apoyo incondicional.

A mis docentes de la Maestría por su asesoría, acompañamiento y entrega en el proceso de nuestra formación post-gradual.


A mis estudiantes, quienes con su participación hacen posible estos espacios de reflexión e investigación en el aula.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 6	

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de maestría.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central.
Título del documento	El experimento como generador de conocimiento en el estudio de un sistema físico complejo. El caso del circuito eléctrico de corriente continua (ces-cc).
Autor(es)	Vargas Rojas, Viviana Marcela.
Director	Garzón Barragán, Isabel.
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2016.148 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	CONOCIMIENTO, MODELOS MENTALES, EXPERIMENTO, FENOMENOGRAFÍA, CIRCUITO ELÉCTRICO, CORRIENTE ELÉCTRICA, RESISTENCIA ELÉCTRICA, DIFERENCIA DE POTENCIAL, CARGA ELÉCTRICA.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Enseñando al Pensamiento</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 6	

2. Descripción
<p>Este es un trabajo de investigación en el aula, con estudiantes de educación media; el cual pretende evidenciar el papel de experimento como herramienta generadora de conocimiento alrededor del estudio de un sistema físico complejo, como lo es el circuito eléctrico simple.</p> <p>La investigación fue llevada a cabo en el contexto del Programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional. Ésta se plantea como tesis para optar al título de Maestría del programa mencionado. La propuesta investigativa está asentada en los ámbitos de discusión de la Maestría, es decir, desde los componentes epistemológico, de donde se retoman los enfoques fenomenográficos sobre las ciencias y el aporte de los estudios histórico-críticos hacia la comprensión de los fenómenos, el disciplinar como espacio de debate y construcción de significados (conocimiento) en relación a los fenómenos de las ciencias (en este caso, los implícitos en el estudio del circuito eléctrico simple) y su caracterización, el pedagógico que incorpora la posibilidad de generar procesos de construcción de explicaciones por parte de los estudiantes a partir de la ampliación de su experiencia y las diversas maneras de vivenciar un fenómeno.</p> <p>Se indagan las transformaciones que se dan en el aula al proponer el estudio de los fenómenos que se dan en el funcionamiento de un circuito eléctrico simple, en un contexto conceptual no diferenciado inicialmente por los estudiantes. Para ello se plantean frente a los fenómenos eléctricos abordados, preguntas como: ¿Qué conceptos son necesarios para la comprensión del funcionamiento de un circuito eléctrico simple como un sistema físico no lineal? ¿Cuál es el papel del experimento en esa construcción conceptual? ¿Qué papel juega el experimento en la ampliación de la experiencia? ¿Cómo se conectan los procesos de producción de explicaciones a partir de los diseños experimentales con la formalización y el lenguaje matemático?</p>


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 6	

3. Fuentes

Se realiza un estudio histórico – crítico sobre los fenómenos relacionados con el funcionamiento de un circuito eléctrico de corriente continua, revisando algunos documentos originales y otras fuentes documentales de autores que han analizado el mismo fenómeno. Así como un análisis hermenéutico de las elaboraciones de los estudiantes frente al fenómeno a nivel escrito, gráfico y argumentativo. También, se retoman aportes de algunos seminarios de la Maestría. Así como obras de carácter pedagógico, filosófico y disciplinar pertinentes a la investigación. Y diálogo permanente con los directores de tesis quienes orientaron la construcción de sentido y significado de la investigación.

4. Fuentes

Se realiza un estudio histórico – crítico sobre los fenómenos relacionados con el funcionamiento de un circuito eléctrico de corriente continua, revisando algunos documentos originales y otras fuentes documentales de autores que han analizado el mismo fenómeno. Así como un análisis hermenéutico de las elaboraciones de los estudiantes frente al fenómeno a nivel escrito, gráfico y argumentativo. También, se retoman aportes de algunos seminarios de la Maestría. Así como obras de carácter pedagógico, filosófico y disciplinar pertinentes a la investigación. Y diálogo permanente con los directores de tesis quienes orientaron la construcción de sentido y significado de la investigación.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formadora de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 6	

5. Contenidos

Se presentan cuatro capítulos. El primero hace referencia al enunciado del problema identificado en el aula al introducir a los estudiantes al estudio de los fenómenos eléctricos abordados en el estudio de los circuitos de corriente continua. En el segundo capítulo se presenta las habilidades que se considera, deben poseer y potencializar los docentes de ciencias, además de un mapeo del recorrido histórico que fundamenta el desarrollo de los conceptos abordados en esta investigación, resaltando los contextos en los que se generan y/o evolucionan. En el tercer capítulo se presenta la estructura de la secuencia de aprendizaje diseñada para tal fin. En el capítulo cuatro se expone la metodología de análisis de los registros obtenidos de la implementación, en la que se ha hecho uso del enfoque fenomenográfico como perspectiva de análisis frente a las diversas formas de vivenciar un fenómeno.

6. Metodología

Se considera necesario repensar sobre el rol pasivo que suelen asumir los estudiantes en su proceso de aprendizaje de las ciencias, pero también el del docente; pues éste también ha optado en la mayoría de las ocasiones asumir un rol de transmisor del conocimiento y ha dejado de lado la iniciativa por la investigación para su quehacer docente.

Por lo que se plantea en primera instancia realizar una revisión sobre los contextos conceptuales y procedimentales de los conceptos, leyes o teoría que desea enseñar.

Aquí se considera el conocimiento como un proceso de construcción de significados, tanto por parte del estudiante como del docente. Este ejercicio enriquece el escenario de la escuela, ya que brinda herramientas a los docentes para la selección y organización de contenidos para lograr la (re)construcción de conceptos, en este caso, de corriente eléctrica, resistencia, diferencia de potencial y carga eléctrica. Los cuales son necesarios para explicar el circuito

eléctrico como un sistema físico no lineal.


Para lograr tal fin e ha adoptado la enseñanza de la ciencias como un proceso de investigación dirigida, donde tanto el docente como el estudiante, han de cambiar su manera de actuar en el escenario escolar.

7. Conclusiones

A lo largo de la historicidad del desarrollo científico vemos conceptos y teorías que se han visto obligados a modificarse debido a situaciones que se presentan, las cuales no pueden ser explicadas desde los modelos válidos en ese momento, es decir, las teorías y los conceptos son cambiantes en el tiempo, son propios de un contexto, son representaciones de unas formas de pensamiento que son aceptadas hasta que logran dar cuenta de los hechos que surgen hasta ese momento, pero son eso, un constructo colectivo, social, en el que se parte de unos supuestos que pueden ser modificados. Razón por la cual no se debería impartir una imagen de ciencia como una actividad aproblemática, desligada de un contexto, ajena al ser humano, no.

Quien dirige los procesos de aprendizaje de las ciencias (el docente de ciencias), debe considerar el aula como un sistema de interrelaciones sociales, culturales, ideológicas y que los modelos mentales de los estudiantes se ven influenciados por estos contextos. El estudiante observa a partir de su experiencia, él no llega con una mente en blanco en la que se puede escribir una nueva información sin conexión alguna a situaciones anteriores. El posee unas maneras particulares de observar y de hablar de su entorno.


En ese sentido es que se ha planteado como eje central de esta investigación, el experimento como herramienta generadora de conocimiento frente al estudio de un sistema físico complejo (el circuito eléctrico de corriente continua). Y esto en el sentido, de que el ser humano aprende de lo que vivencia, no de las experiencias de los demás. De esta manera, el enfoque fenomenográfico enriquece los resultados obtenidos en esta investigación, puesto que propone unas maneras de indagar y como consecuencia de ello, discernir aspectos relevantes de la diferenciadas maneras de vivir la experiencia del fenómeno a indagar. Situación por la cual se consideró pertinente abordar los fenómenos desde la posición de los estudiantes, es decir, desde la descripción que ellos realizaron sobre sus experiencias.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>— Educadora del Perú —</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 6	

A lo largo de la historicidad del desarrollo científico vemos conceptos y teorías que se han visto obligados a modificarse debido a situaciones que se presentan, las cuales no pueden ser explicadas desde los modelos válidos en ese momento, es decir, las teorías y los conceptos son cambiantes en el tiempo, son propios de un contexto, son representaciones de unas formas de pensamiento que son aceptadas hasta que logran dar cuenta de los hechos que surgen hasta ese momento, pero son eso, un constructo colectivo, social, en el que se parte de unos supuestos que pueden ser modificados. Razón por la cual no se debería impartir una imagen de ciencia como una actividad aproblemática, desligada de un contexto, ajena al ser humano, no.

Quien dirige los procesos de aprendizaje de las ciencias (el docente de ciencias), debe considerar el aula como un sistema de interrelaciones sociales, culturales, ideológicas y que los modelos mentales de los estudiantes se ven influenciados por estos contextos. El estudiante observa a partir de su experiencia, él no llega con una mente en blanco en la que se puede escribir una nueva información sin conexión alguna a situaciones anteriores. El posee unas maneras particulares de observar y de hablar de su entorno.

En ese sentido es que se ha planteado como eje central de esta investigación, el experimento como herramienta generadora de conocimiento frente al estudio de un sistema físico complejo (el circuito eléctrico de corriente continua). Y esto en el sentido, de que el ser humano aprende de lo que vivencia, no de las experiencias de los demás. De esta manera, el enfoque fenomenográfico enriquece los resultados obtenidos en esta investigación, puesto que propone unas maneras de indagar y como consecuencia de ello, discernir aspectos relevantes de la diferenciadas maneras de vivir la experiencia del fenómeno a indagar. Situación por la cual se consideró pertinente abordar los fenómenos desde la posición de los estudiantes, es decir, desde la descripción que ellos realizaron sobre sus experiencias.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formando al Profesional</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 6	

Elaborado por:	Viviana Marcela Vargas Rojas.
Revisado por:	Isabel Garzón Barragán.

Fecha de elaboración del Resumen:	26	02	2016
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	10
CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Formulación del problema	15
1.3 Justificación	17
1.4 Límites de la investigación	21
1.5 Antecedentes	24
1.6 Objetivos.....	28
1.6.1 Objetivo General.....	28
1.6.2 Objetivos Específicos	28
CAPITULO II. MARCO TEORICO	29
2.1 Competencias que debe poseer un profesor de ciencias para el diseño de secuencias de aprendizaje	31
2.1.1 Primera competencia que debe poseer el profesor de ciencias.....	32
2.1.1.1 Acerca del comportamiento eléctrico de la materia	34
2.1.1.2 Red conceptual alrededor de la explicación del funcionamiento de un circuito eléctrico simple	38
2.1.2 Segunda competencia que debe poseer el profesor de ciencias	48
2.1.3 Tercera competencia que debe poseer el profesor de ciencias	49
2.1.4 Cuarta competencia que debe poseer el profesor de ciencias.....	51
2.2 De los modelos mentales de los estudiantes a los modelos conceptuales.....	59
2.3 El papel del Experimento en la construcción conceptual	64
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO	75
3.1 Estructura de la secuencia	77
Contenidos de la secuencia	80
3.1.1 Etapa 1. Caracterización del comportamiento eléctrico de la materia	80
3.1.2 Etapa 2. Emisión de luz en una lámpara o bombillo fluorescente ¿Un fenómeno electrostático o electrocinético?	87
3.1.3 Etapa 3. Análisis del funcionamiento de un circuito eléctrico bajo diversas disposiciones físicas	102
3.2 Enfoque Fenomenográfico	105
3.3 Población y Muestra	109
CAPITULO IV. RESULTADOS	111
4.1 Criterios generales en la organización y análisis de los registros para la etapa 1 de la secuencia de aprendizaje	115

4.2 Criterios generales en la organización y análisis de los registros para la etapa 2 de la secuencia de aprendizaje	128
4.3 Criterios generales en la organización y análisis de los registros para la etapa 3 de la secuencia de aprendizaje	138
CONCLUSIONES	144
BIBLIOGRAFIA.....	149
<i>ANEXO 1. Transcripción de los registros escritos de la Etapa 1.</i>	152
Sesión 1A	152
Sesión 1B.....	156
Sesión 2	164
<i>ANEXO 2. Transcripción de los registros escritos de la Etapa 2.</i>	182
Sesión 3A	182
Sesión 3B.....	196
Sesión 3C	204
Sesión 3D	215
<i>ANEXO 3. Transcripción de los registros escritos de la Etapa 3.</i>	235
Sesión 4	235

CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Basado en la experiencia y revisión de algunos trabajos de investigación (Furió & Guisasola, 1997), (Driver, Rosalind, 1999), (Pozo, 2004), (Guisasola, Montero, & Fernández, 2005), alrededor de la comprensión del concepto de circuito eléctrico simple y otros conceptos relacionados con éste, se ha identificado una gran dificultad frente al intento de establecer una conexión significativa, entre el montaje experimental y la representación formal que suele presentarse del circuito en los libros de texto.

Ello invita al docente además de recopilar cierta cantidad de información, a realizar un trabajo reflexivo, crítico, organizado y sistemático que favorezca la construcción del conocimiento. Para tal fin, se plantea el experimento como una herramienta generadora de conocimiento al favorecer la ampliación de la experiencia del estudiante, entre otros aspectos; conduciendo de esta forma a la modificación de lenguajes, los cuales dan cuenta de la forma como el estudiante va construyendo su explicación alrededor de un fenómeno de estudio, en este caso el circuito eléctrico simple.

Con el fin de acercar al lector al problema que será abordado en el presente trabajo se invita a analizar la siguiente historieta, basada en una situación de aula en la que el docente cita una información, sobre la definición del circuito eléctrico, la cual debe ser memorizada posteriormente por los estudiantes. También socializa de manera expositiva la representación de un circuito eléctrico simple conformado por una batería, un cable, un bombillo y un interruptor; al tratar de indagar sobre la “comprensión” frente a tal representación, los estudiantes manifiestan mediante sus intervenciones que lo que están viendo es totalmente ajeno a ellos (descontextualizado), por lo que, tal representación resulta carente de significado físico.

“...No aprendemos con la historia de lo que le pasó a otro, aprendemos con lo que nos pasa a nosotros...” José Mujica (Expresidente Uruguayo).



Diagrama 1.1 Historieta de una posible situación en el aula de clases

Un concepto no puede ser reducido a su definición, al menos si se está interesado en su aprendizaje y enseñanza. A través de las situaciones y de los problemas que se pretenden resolver es como un concepto adquiere sentido para el niño. Este proceso de elaboración pragmática es esencial para la psicología y la didáctica, como lo es, por otra parte, esencial para la historia de las ciencias (Vergnaud, 1990).

La forma en que se representa comúnmente en los libros de texto un circuito eléctrico simple y las definiciones que se dan de él, suelen carecer de significado físico para quienes pretenden estudiarlo. Esto se ejemplifica en la historieta presentada anteriormente donde el profesor en la primera sesión presenta una definición de circuito eléctrico a sus estudiantes, señalando la forma en que se representa un circuito compuesto por una batería, una bombilla, un interruptor y unos alambres conductores. En la siguiente sesión pregunta a sus estudiantes si estudiaron en casa y si

el circuito se encuentra abierto o cerrado, a lo que Ñoño (uno de sus estudiantes) responde muy seguro: ¡Pues abierto profesor... en la parte de las bolitas (interruptor) y en la parte de los palos, digo polos... Otro estudiante (el chavo) le dice “¡jajaja mucho burro!...”, el profesor le llama la atención, y luego le pregunta a otro estudiante, Godínez, quien manifiesta su intimidación diciendo “no sé” sin haberle hecho la pregunta.

Al iniciar la etapa escolar también se hace notorio el hecho de que los estudiantes tratan de justificar el porqué de lo que observan sin temor a críticas o señalamientos, pero a medida que avanzan en su trayecto escolar la inseguridad por expresar la forma en que están concibiendo una situación o un fenómeno también avanza. Ello puede suceder como consecuencia directa del contraste que experimentan los estudiantes ante la interpretación que presentan sus docentes o los libros de texto del mundo físico en muchas ocasiones, en este caso del circuito eléctrico, y lo que ellos perciben a través de sus sentidos.

Una situación particular que se ve reflejada en el aula ante esa forma de concebirse la enseñanza del circuito eléctrico, es que los estudiantes suelen atribuir propiedades materiales a los conceptos (por ejemplo, la interpretación de la corriente como un fluido material), debido a que se llega incluso a **no** abordar el sistema (circuito eléctrico simple) experimentalmente, puesto que se enseña circuitos sin desglosar una serie de fenómenos necesarios para estudiarlo, dando prioridad a la resolución de algoritmos que satisfagan la manipulación de variables dentro de una expresión matemática y que conlleven a resultados “correctos”, pero que su significado físico resulta nulo. Al respecto, Chabay y Sherwood (2006) afirman “La habilidad para seguir ciertos procedimientos prescritos para solucionar problemas estándar no indica desarrollo de habilidades de razonamiento científico”.

Greca y Moreira (1997) también realizaron una investigación en la que señalan que los estudiantes de “mejor desempeño” en electricidad y magnetismo fueron los que aparentemente habían formado un modelo mental¹ de campo electromagnético que se aproximaba al modelo conceptual usado por los expertos. Y que los que trabajaron sólo con proposiciones (fórmulas, definiciones, enunciados) aisladas, limitándose a intentar aplicarlas mecánicamente, tuvieron el “peor desempeño”.

¹ Entendido éste como un mecanismo en el pensamiento del individuo mediante el cual intenta explicar cómo funciona el mundo real.

1.2 Formulación del problema

Se considera el experimento como herramienta generadora de conocimiento bajo el supuesto de que no es lo mismo estudiar un circuito por medio del desarrollo de algoritmos o a través de un simulador que hacer el experimento en sí. Éste permite la interacción del estudiante con el fenómeno a estudiar a través de sus sentidos y los instrumentos que permiten la ampliación de los mismos, y a su vez la interacción entre estudiantes y docente en la que el lenguaje pone de manifiesto la forma en que el sujeto va construyendo el concepto que se desea abordar, en este caso el de circuito eléctrico y los conceptos de carga eléctrica, resistencia, corriente eléctrica y diferencia de potencial, los cuales son indispensables a la hora de dar cuenta del funcionamiento del circuito eléctrico.

Es así como desde las secuencias de aprendizaje que se proponen en este trabajo, el experimento se constituye eje principal frente a la construcción conceptual que realizarán los estudiantes ante la interpretación del funcionamiento de un circuito eléctrico. Para ello es necesario abordar problemáticas² que se ven constantemente reflejadas en el aula tales como:

- Los términos corriente eléctrica, electricidad y voltaje se utilizan como sinónimos.
- La corriente eléctrica se concibe como un fluido material que se almacena en la pila y es consumida (se gasta) por los diferentes elementos del circuito.
- Los estudiantes no ven la necesidad de cerrar el circuito para que haya una corriente eléctrica. Cuando se les pide que dibujen las conexiones de una pila y una bombilla para que luzca, proponen modelos en los que hay un solo cable que une los dos dispositivos, o dos cables, indicando que la corriente viaja desde la pila hacia la bombilla por los dos cables a la vez. A veces por el segundo cable ni siquiera pasa corriente.
- Las pilas se conciben como almacenes del fluido (energía, carga eléctrica, voltaje, electricidad, corriente, etc.)
- Difícilmente se llega a concebir el circuito como un sistema de interacción en el que cualquier cambio afecta de manera global a todo el circuito.

² Registros basados en la experiencia de aula y a la vez referenciadas por Pozo (2004).

- El término de diferencia de potencial es muy poco utilizado en las explicaciones que los estudiantes hacen de los fenómenos eléctricos y los circuitos, y cuando lo utilizan lo hacen en bastantes ocasiones como sinónimo de corriente eléctrica. Otras veces tienden a interpretar el voltaje o la diferencia de potencial como una propiedad de la corriente o una consecuencia de ella, en vez de considerar la corriente eléctrica como una consecuencia de la diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor.
- Los estudiantes tienen dificultades al tratar de asociar los circuitos reales con sus representaciones gráficas, aunque se trate de montajes sencillos. Esto debido a que “Los diagramas de circuitos muestran conexiones eléctricas, no disposiciones físicas” McDermott (1989).

Con lo anteriormente expuesto, se plantea el experimento como aquel que favorece la ampliación de la experiencia, y por ende la creación de nuevos lenguajes ante la construcción conceptual del circuito eléctrico mediante las actividades de reflexión que se derivan de allí, en las que el estudiante se ve comprometido frente a la formulación de hipótesis respecto a lo que se observa, sin dejar de escuchar y establecer un dialogo con sus pares, con su docente e incluso con el experimento mismo. Por lo que, la tesis bajo la cual se desarrolla dicha investigación plantea que **“El experimento posibilita la construcción de conocimiento en el aula, particularmente al abordar el significado físico de un circuito eléctrico simple de corriente continua, considerado como un sistema que no puede ser comprendido en términos de sus partes o de forma lineal”**. Es de notar, que aquí se entiende el aula desde una perspectiva de la enseñanza de las ciencias como práctica cultural y del conocimiento como proceso, por lo que el significado del aula se redimensiona. En efecto, ésta ya no puede verse como un espacio físico, sino como un sistema de relaciones sociales en donde las representaciones individuales se expresan, se alteran y coexisten con otras; esto es, un sistema de relaciones que permite a quienes participan expresarse, contrastarse, enriquecerse y transformarse colectivamente. Jiménez, G. Pedreros, Rosa (2014)

Al analizar un circuito eléctrico simple, se hace necesaria la comprensión teórica que explica este fenómeno, pero resulta absurdo abordarlo solamente a lápiz y papel sin que el estudiante interactúe con él a través del diseño experimental. Por ejemplo, teniendo en cuenta los montajes experimentales de Volta, como el diseño del órgano eléctrico artificial (pila Voltaica equivalente

a los órganos eléctricos de un pez torpedo) y las observaciones registradas con su corona de tazas, favorece el diseño e implementación de secuencias de actividades para el aprendizaje que favorezcan la comprensión del papel de la batería dentro de un circuito eléctrico resistivo simple.

Reproducir tales experimentos permite al estudiante percibir las variaciones que se pueden dar en el circuito al modificar o introducir un elemento en el montaje experimental, favoreciendo así más adelante la comprensión del comportamiento de un circuito eléctrico simple como un sistema de interacción físico no lineal y la comprensión de conceptos tales como carga eléctrica, resistencia eléctrica, corriente eléctrica y diferencia de potencial.

1.3 Justificación

En el diagrama 1.2 (ver pág. 11), se presenta el obstáculo y punto de partida de esta propuesta de investigación, la carencia de significado físico que evidencian los estudiantes ante la representación que suele hacerse de los circuitos eléctricos simples en los libros de texto, debido a que se ha reducido la explicación de éstos al desarrollo de algoritmos de manera “hábil” dejando de lado los niveles de comprensión que pueden llegar a desarrollar los estudiantes cuando tienen la oportunidad de interactuar con el montaje experimental. Por lo que, dentro de los resultados que se espera obtener se encuentra el establecimiento de un vínculo significativo entre los modelos conceptuales y los modelos mentales de los estudiantes a partir de la ampliación de su experiencia, valiéndose del experimento como herramienta generadora de conocimiento.

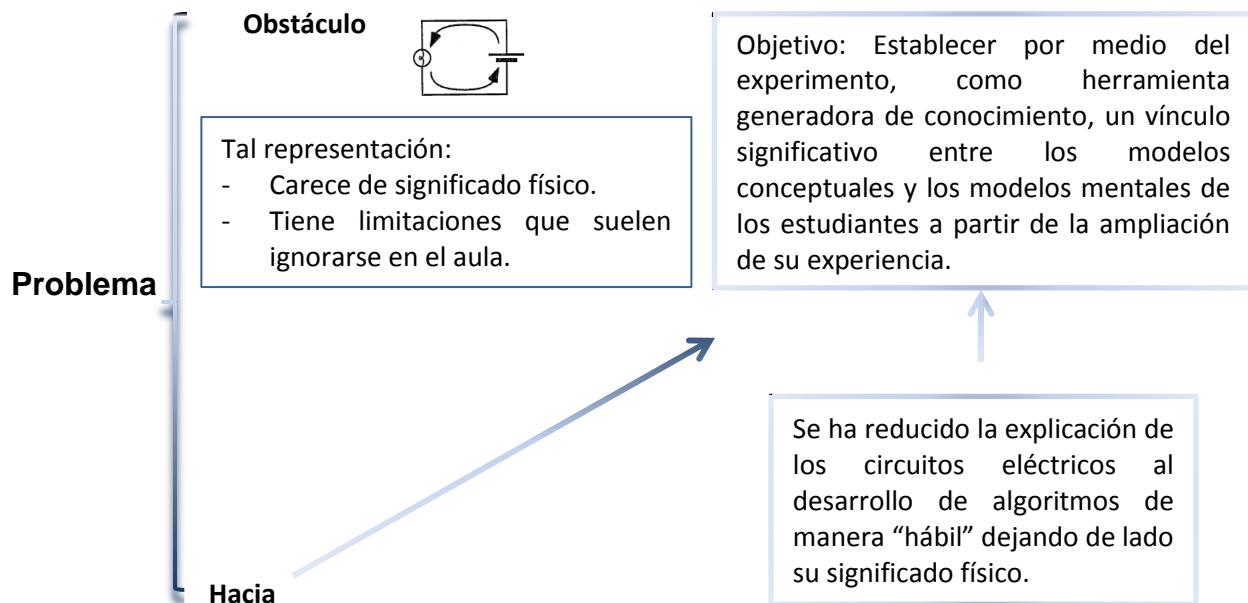


Diagrama 1.2 Situación actual del planteamiento del problema y meta propuesta para la investigación

En las secuencias de aprendizaje diseñadas previamente por el docente, los estudiantes buscarán un camino lógico (guiado por el docente) como alternativa de solución ante un problema determinado, la construcción del concepto de circuito eléctrico simple. Para ello, el docente toma como punto de partida no la transmisión de una información, es decir de un conocimiento ya fabricado, sino la organización de una secuencia de experimentos que conlleven al estudiante a construir desde su experiencia un nuevo lenguaje que responda a la construcción del concepto de circuito eléctrico simple como un sistema físico no lineal.

Para ello se tendrá en cuenta los hechos de los que parte el estudiante desde su contexto familiar y escolar (Pozo, 2004). Por ejemplo, los estudiantes consideran:

- La electricidad como el agente que hace que funcione un aparato eléctrico.
- La electricidad es vista como una sustancia o como una especie de combustible que puede gastarse, por lo que es necesario reponerla.
- Que los aparatos eléctricos consumen o gastan electricidad.
- Que las pilas y tomacorrientes son fuentes o almacenes de electricidad.

- Respecto a la disposición del circuito eléctrico, se realizan esquemas en los que solo basta un cable conductor para que una bombilla encienda. Además de esto, la función de los cables es canalizar la electricidad y llevarla de un lugar a otro.
- Los estudiantes hablan de la relación entre resistencia, corriente y voltaje en términos de las relaciones de proporcionalidad establecidas en la famosa Ley de Ohm, lo que conlleva a la no comprensión del circuito como un sistema.

Situaciones como éstas, se ven muy a menudo en el aula de clases. Por lo que se hace necesario establecer unas secuencias de aprendizaje para promover y fomentar modificaciones en las formas de pensar de los estudiantes, es decir, en sus formas de hablar. Para ello ha de presentarse primero una revisión de los obstáculos frente al aprendizaje de conceptos como electricidad, corriente eléctrica, diferencia de potencial, resistencia eléctrica, y posteriormente de circuito eléctrico simple, pero centrándonos en su enseñanza sobre la base del experimento como herramienta generadora de conocimiento.

En este orden de ideas, el experimento dejará de concebirse como un agente subsidiario de la teoría, ya que resulta poco favorable para los estudiantes frente a la construcción conceptual del circuito eléctrico y de conceptos relacionados con éste (carga, corriente eléctrica, resistencia eléctrica y diferencia de potencial). Se puede argumentar acerca de la afirmación “El experimento posee una vida propia” (ver capítulo II), por lo que según Hacking (1983), el experimento no tiene como única función la contratación de teorías científicas

Sustentado en este argumento se ha desarrollado la propuesta investigativa enfocada en la construcción del conocimiento como un proceso sistemático, reflexivo y crítico con estudiantes de bachillerato alrededor del constructo conceptual del circuito eléctrico simple y otros conceptos fundamentales para la comprensión de éste, tales como resistencia eléctrica, diferencia de potencial, carga y corriente eléctrica; en el que se propone el experimento como una herramienta que contribuirá al desarrollo cognitivo de los estudiantes.

Según Vergnaud (1990) la construcción conceptual se logra mediante la interacción del sujeto frente a las situaciones que experimenta; por lo que en común acuerdo con él, se considera necesario tener en cuenta los contextos conceptuales, puesto que conocer las barreras epistemológicas que tuvieron lugar en su momento, favorecerá el diseño de secuencias de

enseñanza/aprendizaje óptimas en este proceso de construcción conceptual. Es así que en la secuencia de aprendizaje se busca analizar las diferentes maneras de vivir la experiencia (ver numeral 3.2, pág. 99) de los fenómenos vinculados al funcionamiento y caracterización del circuito eléctrico.

La finalidad de esta propuesta centra su interés en la formación de seres humanos críticos y reflexivos, y para ello es necesario enriquecer la experiencia, los lenguajes, y de esta forma el conocimiento. Así se puede llegar a construir formas de vida dignas, donde esas personas logran reconocerse a sí mismas y a los otros como ciudadanos en construcción de una sociedad. Es de resaltar que el centro de esta propuesta no es la ciencia por la ciencia, sino el individuo en su proceso de aprendizaje de las ciencias, en este caso bajo el estudio del circuito eléctrico, y ello cobra sentido en la medida que el estudiante reconoce su capacidad de pensar y deja de asumir un rol pasivo y consumista frente al conocimiento.

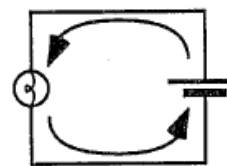
Ante este propósito de modificar formas de hablar y de representar un circuito, no se puede pretender que el estudiante aprenda de manera arbitraria un lenguaje construido por otros, pero ajeno a él, en el que se limita su trabajo al desarrollo de algoritmos en lápiz y papel solamente, sin que su experiencia sea ampliada a través de la interacción con otros sujetos y con el experimento mismo. Ello implica darle la posibilidad de construir el circuito eléctrico y analizar las formas de pensar que se reflejan en la manera como se da la comunicación ante lo que observan, pues “una forma de hablar, responde a una forma de pensar”.

De no darse esa posibilidad de interactuar con el circuito eléctrico, será imposible que el estudiante lo reconozca como un sistema de interacción en el que cualquier cambio afecta de manera global a todo el circuito, pues los estudiantes tienden a analizar localmente y por separado cada una de las partes del circuito, lo que conlleva a pensar, por ejemplo, que la corriente va gastándose o debilitándose según atraviesa los distintos elementos que componen el circuito (Pozo, 2004)

1.4 Límites de la investigación

En esta propuesta no se considerará el experimento como herramienta corroboradora de teorías o como actividad introductoria motivante para estudiar el circuito eléctrico simple, sino que será el medio por el cual el estudiante logrará establecer una conexión coherente entre el montaje experimental del circuito eléctrico dispuesto de ciertas formas y una posible representación que resulte significativa para él, sin que se convierta en una posible adición de elementos (resistencias, alambres y baterías) en los que “circula una corriente”. En otros términos, se busca cerrar ese abismo o desequilibrio que se ha generado entre lo que se desea enseñar y lo que se logra aprender (Guisasola & Martínez 2004).

Diagrama 1.3



Se busca que a través del experimento los estudiantes comprendan el término de carga eléctrica y las caracterizaciones que se le atribuyen a ésta, y que logren entender el por qué el medio es un factor influyente en esa interacción entre los cuerpos cargados eléctricamente. Si esto no se hace comprensible, es difícil concebir los conceptos de corriente eléctrica, potencial eléctrico, resistencia, entre otros, necesarios para la explicación del funcionamiento de un circuito “sencillo” en serie o paralelo (Guisasola & Furió, 1998)

En este trabajo no se realizará un análisis de leyes referentes a los circuitos eléctricos tales como las enunciadas en la Ley de Ohm o las Leyes de Kirchhoff. A pesar de que por lo general no se referencia la limitación que presenta el enunciado de la Ley de Ohm, por ejemplo, ya que no se hace referencia a la distinción entre un circuito ideal y un circuito real; además la forma en que se pasa de esta ley a las leyes de Kirchhoff de manera arbitraria sin hacer énfasis en los supuestos que están a la base de cada una de estas leyes. Sin embargo, si se tendrán en cuenta a la hora de establecer categorías de análisis frente al discurso pronunciado por los estudiantes en el momento de explicar lo que perciben a través de sus sentidos en cada uno de los montajes experimentales que serán abordados.

El estudio de los circuitos eléctricos de corriente continua es muy amplio, por lo que los conceptos de corriente eléctrica y resistencia eléctrica serán abordados de manera macroscópica, sin dejar de lado el análisis del circuito eléctrico como un sistema no lineal, donde se busca que el estudiante reconozca el papel que juegan la batería en el circuito eléctrico.

Se reproducirán los siguientes experimentos:

- Fenómenos electrostáticos (caracterización de la carga).
- La pila Voltaica
- La corona de Tasas de Volta
- Montajes experimentales de otros circuitos conformados por baterías, cables conductores y bombillas.

Estos montajes experimentales favorecen el análisis por parte de los estudiantes de posibles relaciones entre los conceptos de corriente eléctrica y diferencia de potencial, corriente y resistencia, con el fin de abolir la sinonimia entre éstos que suele darse al tratar de explicar el funcionamiento de un circuito eléctrico bajo disposiciones particulares.

La problemática que desea abordarse cobra importancia en la medida que suele presentarse la física, particularmente en el caso del estudio de los circuitos eléctricos simples, como teorías, leyes o verdades ya acabadas, e incluso como formalizaciones aproblemáticas; es decir, no se evidencian todas las discusiones y formas de entender el mundo que están detrás de esas formulaciones, “formas de pensar y representar”; e incluso se suele pasar de una teoría a otra de manera arbitraria, sin presentar o hacer énfasis en la necesidad de “abandonar” una y “acoger” otra.

Si bien por cuestiones de tiempo o por la forma en que está estructurado el currículo de Ciencias Naturales en Colombia, no se podría hacer un recorrido histórico exhaustivo con los estudiantes sobre la evolución de la electricidad que se ha dado desde los griegos hasta inicios de siglo xx, sí es una actividad fundamental en el quehacer del docente de ciencias, primero para comprender lo que desea enseñar ya que brinda herramientas, como se mencionó anteriormente, que enriquecen su discurso e indirectamente el de los estudiantes; y en segundo lugar, para entender las formas de explicar del estudiante ya que éstas hablan de sus estructuras mentales acerca del fenómeno de estudio y, en ocasiones se acercan a representaciones que fueron consideradas durante ese desarrollo histórico de la electricidad, en este caso la noción de circuito eléctrico simple.

Es así como se pretende superar esos aspectos de la enseñanza tradicional alrededor de fenómenos eléctricos en la que se suele presentar a los estudiantes el estudio del circuito eléctrico resistivo simple de manera arbitraria y ajena a él, dejando de lado esa mescolanza de

modelos de pensamiento sin explicar la necesidad de realizar cambios para pasar de una forma de razonamiento a otra.

Por ejemplo, cuando se realiza la explicación de interacción entre cuerpos cargados eléctricamente, se hace a través del planteamiento formulado en la ley de Coulomb de manera tal que no se tiene en cuenta el medio, haciendo énfasis solamente en la interacción que se da entre las cargas; si son de “signos iguales” tiene lugar una fuerza de repulsión, y si son de “signos distintos” se da lugar a una fuerza de atracción, pero el estudiante no alcanza a reconocer el por qué de esa doble naturaleza de la electricidad; se ha reducido el estudio de este fenómeno a una transmisión de información dejando de lado todo el trabajo experimental que conlleva a tal caracterización de la carga.

En algunos escenarios de la enseñanza de la física, la Ley de Coulomb por ejemplo, ha sido asumida sólo como un algoritmo, por lo que desde el contexto matemático se hace énfasis en la dificultad que se presenta en el aula con la aplicación de operaciones básicas al tratar de resolver productos y cocientes con potencias de diez al reemplazar el conjunto de variables que expresan esta ley por datos numéricos. Cabe resaltar que la ley de Coulomb no puede ser reducida a una expresión vista como un algoritmo, sino que es necesario pensar lo que está a la base de esta ley. Por ejemplo, ésta inicialmente surge a la base de una teoría de acción a distancia entre cuerpos cargados eléctricamente, pero también es aplicable al estudio de la interacción entre cuerpos bajo una acción contigua, es decir, en la teoría de campos bajo ciertas circunstancias. Por lo que reducir esta ley a un solo trabajo algorítmico, niega completamente la posibilidad de que el estudiante organice un modelo mental y lo pueda ir modificando a partir de la ampliación de su experiencia gracias al trabajo experimental.

En este sentido, Greca y Moreira (1998) consideran que: “En los libros de texto es posible observar que las teorías aparecen como estructuras acabadas, presentando los fenómenos y leyes y sus expresiones matemáticas de acuerdo con rigurosos criterios lógico deductivos. Por lo que, presentar una serie de postulados y a partir de ahí “inferir” la teoría -como si fuese una rama de las matemáticas- no significa que los estudiantes comprendan los fenómenos que esa teoría explica”; En Furió y Guisasola (1997), “la gran mayoría de los libros de texto (95%) no tienen en cuenta el cambio ontológico que se produce, por ejemplo, en la forma de concebir la interacción eléctrica de una visión coulombiana a otra de campo eléctrico”.

De esta manera se plantea que las dificultades de aprendizaje que encuentran los estudiantes en el estudio del circuito eléctrico simple, están determinadas por la forma en que ellos organizan su conocimiento a partir de sus propios modelos mentales, lo que Pozo llama teorías implícitas (2000), las cuales se encuentran fuertemente vinculadas con su experiencia cotidiana. Por lo que se propone en este trabajo, la “adopción” de una postura diferente en la enseñanza y aprendizaje de fenómenos relacionados con el concepto de circuito eléctrico simple, en la que el estudiante interactúe directamente con el fenómeno a estudiar.

1.5 Antecedentes

En esa búsqueda de esa construcción de modelos explicativos sobre el funcionamiento de un circuito eléctrico simple por parte de los estudiantes, bajo el planteamiento de relaciones de interacción y no bajo la noción de un “sistema” comprendido en términos de sus partes o de forma lineal, debe resaltarse el hecho de no ignorar, desde un punto de vista histórico-crítico, las barreras ontológicas y epistemológicas que tuvieron lugar a lo largo de la historia cuando surgieron diferentes modelos explicativos relacionados con los conceptos de circuito eléctrico, corriente eléctrica, resistencia eléctrica y diferencia de potencial, entre otros.

“La realidad que se nos da a través de las leyes físicas es una realidad que está desde luego a escala de las manipulaciones de los físicos, porque las llamadas Leyes de la Física no son leyes que la Naturaleza guarda ocultas y que se revelan a la mente del físico, sino relaciones entre cosas –relaciones objetivas– que los físicos construyen manejando diversos artefacto” (Pozo, 2004). Por lo que se busca el abandono de la enseñanza del circuito eléctrico simple como un proceso memorístico, donde el estudiante asume un rol pasivo y el docente adopta la posición de “transmisor” de esas leyes físicas, con el fin de superar esa reducción ante la comprensión del fenómeno.

La evolución del concepto de circuito eléctrico y otros relacionados con éste, se han dado como una construcción colectiva en la que se han generado incluso enfrentamientos debido a intereses particulares o formas de representar el mismo hecho de maneras diferentes. Esto como resultado de las diversas formas de concebir el circuito eléctrico y la experiencia de cada individuo; tales

razonamientos y representaciones han tenido que pasar por un proceso riguroso de validación en periodos de tiempo bastante largos y se han dado bajo un trabajo experimental amplio y sistemático. Sin embargo, en el aula se pretende abordar en una o dos sesiones de manera aporoblemática el estudio del comportamiento de un circuito eléctrico, ignorando que ello demandó incluso siglos para llegar a la representación y comprensión actual.

Cabe resaltar que al estudiar diversos fenómenos eléctricos en distintos contextos a lo largo de la historia de la electricidad, se ha visto la necesidad de introducir nuevos conceptos; en esos momentos en que se procedió a caracterizar esos comportamientos “repetitivos” bajo ciertas circunstancias que podían ser reproducibles se les asignó un nombre que diera cuenta de ellos, esto con el fin de ampliar las explicaciones sobre las observaciones registradas en los distintos experimentos, las cuales han llegado incluso a generar controversias.

Por ejemplo, en el campo de la electricidad una controversia descrita en el artículo³: “Alessandro Volta: sobre la electricidad excitada por el simple contacto de substancias conductoras de distintas especies”, tanto Galvani como Volta se encontraban frente al mismo hecho, sin embargo, estaban observando de distinta forma. Galvani atribuía la contracción de las ancas de la rana a una diferencia de electricidad entre músculo y nervio, descripción realizada bajo la comparación de este sistema con la botella de Leyden, pues suponía un imbalance entre el músculo y los nervios el cual se cancelaba cuando ambas partes eran puestas en comunicación a través de un arco conductor; para él, la verdadera causa del fenómeno era la presencia de un fluido (fluido eléctrico) muy sutil que se encontraba presente en los nervios. Mientras tanto, para Volta el tejido animal no era el responsable de la corriente eléctrica (concepto no desarrollado todavía en esa época) que se generaba en el montaje del anca de la rana, pues observaba que sin la participación del músculo en el circuito, también era posible la contracción, por lo que ésta no era consecuencia de un imbalance entre el nervio y el músculo, sino que era atribuida al arco bimetálico, es decir, esa “acción eléctrica” se daba por el contacto entre dos metales diferentes unidos por un medio húmedo. Ante esta situación, se evidencia que tanto Volta como Galvani interpretan el papel del arco conductor de manera distinta.

³ Traducción realizada por Emma Sallent Delcolombo. Universidad de Barcelona.

Resaltando situaciones como la expuesta anteriormente, que describe un trabajo que requirió de una secuencia de experimentos que conllevaron a distintas formas de razonamiento ante el mismo hecho. En muchas ocasiones esta situación se da en el aula, cuando se presentan distintas formas de razonamiento ante el mismo hecho, estas se suelen ignorar o rechazar por parte de los docentes o estudiantes sin detenerse a analizar el constructo que está entretejiendo el estudiante que expresa tal forma de entender. Estas situaciones han sido primordiales para el desarrollo de la física y la evolución de los conceptos, por lo que permiten a los docentes hacer un alto en el camino y cuestionar la forma como se está dando ese proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, específicamente al abordar fenómenos relacionados con el comportamiento eléctrico de la materia.

- En el artículo de Landazabal (2008) se plantea como propuesta de investigación la viabilidad de implementar una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de potencial eléctrico mediante la construcción de pilas galvánicas, ya que este es un sistema electroquímico que encierra una gran cantidad de conceptos tanto físicos como químicos, y que hasta ese momento, solo estaba siendo utilizado para la enseñanza de la química.
- En Fernández, Jardón, Tabares & Milicic (2000), se investiga sobre la enseñanza del concepto de f.e.m, donde se afirma que es favorable iniciarse este estudio desde la electrostática, destacando la necesidad de abordarse conjuntamente la diferencia de potencial y la f.e.m, de manera tal que se pueda mostrar el origen conservativo de una y no conservativo de la otra.
- En Furió & Gil (1978) y Gil (1993), se resalta uno de los problemas más frecuentes vistos en el estudio de fenómenos eléctricos, la dificultad que presentan los estudiantes al considerar que el voltaje es debido a la existencia de una corriente eléctrica y no lo contrario, o considerar que la función de la pila en un circuito es la de un contenedor de carga, siendo los cables tubos huecos por donde éstas circulan.
- En Montero & Guisasola (2008), se describe algunas de las dificultades más frecuentes que aparecen a nivel universitario sobre el funcionamiento de circuitos eléctricos sencillos de corriente continua en los que se hace uso de los conceptos de energía y de corriente eléctrica

a la hora de realizar un análisis sobre éstos. Allí ellos describen que estas dificultades parecen estar relacionadas con la ausencia de un análisis del balance energético que tiene lugar en el conjunto del circuito, lo que se agrava si en las explicaciones se hace intervenir las magnitudes trabajo o campos eléctricos ya sean conservativos o no conservativo. Ante ello, plantean la necesidad de diseñar tareas y problemas que lleven a comprender que la diferencia entre las magnitudes, fuerza electromotriz y la diferencia de potencial, viene dada por medir diferentes tipos de acciones producidas por causas radicalmente diferentes. En la primera están implicadas fuerzas y campos eléctricos no conservativos y en la segunda fuerzas y campos eléctricos conservativos.

- Kipnis (2009), describe las dificultades que se presentan en el aprendizaje de la ley de Ohm, por lo que justifica la necesidad de reorientar la enseñanza de desde la ley enunciada “para una parte del circuito”, a la ley “para todo el circuito”. En este trabajo se plantea que dicha revisión puede mejorar la comprensión frente a la ley de Ohm y sus posibles aplicaciones prácticas.
- Driver, Guesde & Tiberghien (1989), analizan la ideas científicas que desarrollan los estudiantes durante su infancia y adolescencia a partir de su experiencia. En esta investigación se presenta un trabajo sistemático sobre la forma como los estudiantes conciben y explican el funcionamiento de un circuito eléctrico simple bajo diversas disposiciones entre sus elementos. Aquí se señala la dificultad que presentan los estudiantes al tratar de establecer conexiones entre un circuito y sus posibles representaciones
- Pozo & Gómez (1998), se señala las dificultades que posee el estudiante al tratar de explicar relaciones de interacción en los circuitos eléctricos, como consecuencia de no concebir el circuito como un sistema conservativo, además del problema que se presenta respecto al proceso de cuantificación en el estudio de los circuitos eléctricos.

Estas investigaciones favorecen la selección y organización de elementos en el diseño de secuencias de aprendizaje cuyo objetivo es la construcción de los conceptos: de carga eléctrica, resistencia eléctrica, diferencia de potencial y corriente eléctrica; los cuales son necesarios para la explicación del funcionamiento del circuito eléctrico simple como un sistema físico no lineal.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Caracterizar el experimento en la construcción de modelos o representaciones que surgen en el aula alrededor del funcionamiento del circuito eléctrico simple de corriente continua (CES-CC), en el que se busca superar los niveles descriptivos frente a la disposición de tal sistema físico.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Elaborar una revisión que referencie el papel del experimento en la construcción conceptual del circuito eléctrico y conceptos (vinculados) estrictamente relacionados con la explicación de su funcionamiento.
- Analizar investigaciones realizadas sobre posibles formas de razonamiento de los estudiantes acerca del funcionamiento de circuitos eléctricos simples de corriente continua.
- Diseñar e implementar actividades que favorezcan la construcción conceptual de carga eléctrica, diferencia de potencial, resistencia eléctrica y corriente eléctrica, como conceptos indispensables para la explicación del funcionamiento del circuito eléctrico simple.
- Sistematizar y analizar los distintos modelos o representaciones surgidos en el aula alrededor de una secuencia de experimentos dirigidos hacia la construcción conceptual del circuito eléctrico como sistema físico.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

El ser humano, a raíz de su interacción con el mundo, trata de entretejer explicaciones de lo que percibe a través de sus sentidos; sin embargo, en la escuela los estudiantes suelen terminar suponiendo que las representaciones, por ejemplo la de una célula en un libro de texto, equivalen a percibir la célula misma. Pero esto no solamente es fruto de la información recibida en la escuela, sino también del acceso a otro tipo de fuentes de información.

Lo que ocurre con la célula es similar a lo que ocurre con los circuitos eléctricos, en el sentido que se “acostumbra” al estudiante, por ejemplo, a “ver” unas representaciones del circuito eléctrico (diagramas); sin embargo, ello no quiere decir que se dé una comprensión alrededor de dichas configuraciones, de manera tal que responda a los interrogantes de qué es y cómo funciona un circuito, o que se llegue a comprender el significado físico de las leyes que lo describen. En ese sentido, el estudiante suele no diferenciar entre un circuito ideal y un circuito real, por ejemplo, en el circuito ideal no es necesario considerar la resistencia de los cables, mientras que al analizar un circuito real es necesario tener en cuenta esas resistencias.

Guisasola, Garmendia; Montero & Barragués (2012), afirman en relación con esas dificultades epistemológicas, que los estudiantes no diferencian entre “modelos científicos teóricos” (en los que se basan conceptos abstractos como carga, energía, diferencia de potencial o fuerza electromotriz) y el “mundo real” de la observación sensorial. Así pues, los estudiantes tienen dificultades para distinguir entre el nivel empírico (utilización del voltímetro e interpretación de sus medidas) y el nivel interpretativo que utiliza conceptos como diferencia de potencial y fuerza electromotriz.

Esto acontece por la forma como se aborda el estudio de los circuitos eléctricos en el aula, pues se suele privilegiar la teoría que describe el comportamiento de éstos, bajo condiciones ideales, dejando de lado la posibilidad de que el estudiante pueda interactuar con el circuito eléctrico y que construya explicaciones alrededor de las organizaciones o caracterizaciones que pueda hacer basadas en sus observaciones. Por mucho, se lleva el experimento al aula como una herramienta corroboradora de teorías, olvidando así por completo, incluso los contextos en que se originaron o evolucionaron los conceptos alrededor del funcionamiento de los circuitos eléctricos. Es de

notar que esto último es pertinente a la hora de diseñar secuencias de aprendizaje para el estudio de circuitos.

En este orden de ideas, en este capítulo se desarrollan algunos de los contextos de descubrimiento o de creación del concepto de circuito eléctrico, y otros conceptos asociados a éste, haciendo énfasis en el papel que jugó el experimento en el origen y evolución de éstos. Resaltando así, que el experimento en muchos de estos casos no se da para corroborar una teoría, sino que es a partir de él que surge la necesidad de crear conceptos.

De esta manera, en el numeral 2.1 se presentan las competencias, según Furió Carles & Furió Cristina (2009), en sentido amplio de saber, “saber-saber”, “saber hacer” y “saber ser”, que habría de poseer un profesor de ciencias para la elaboración de una secuencia de aprendizaje que contribuya a afrontar con cierto éxito los problemas que pueden surgir en el aula al estudiar algunos fenómenos eléctricos que favorecen la construcción conceptual del circuito eléctrico. En el desarrollo de estas competencias, se sitúa al experimento como herramienta generadora de conocimiento, específicamente en el contexto del estudio de los circuitos eléctricos simples en el aula.

Puesto que una de esas competencias que debe poseer el docente es conocer en profundidad la historia y epistemología de las teorías y conceptos que ha de enseñar, se realiza un mapeo sobre la construcción histórica del circuito eléctrico, en el que se resaltan aspectos importantes de los contextos conceptuales en los que emergieron otros conceptos estrechamente vinculados con éste; donde, reconocer esas formas procedimentales y experimentales en las que se originaron tales conceptos, brinda herramientas al docente para el diseño de secuencias de aprendizaje en virtud de la construcción conceptual del circuito eléctrico simple.

En el numeral 2.2 se realiza una descripción sobre la importancia de tener en cuenta los modelos mentales que ha construido el estudiante, y la forma como éstos pueden ser utilizados o modificados para llegar a una construcción conceptual a partir de la ampliación de la experiencia por medio del experimento como organizador de fenómenos (Hacking, 1983), y como herramienta generadora de conocimiento tal y como se afirma en esta investigación.

En el numeral 2.3, retomando a Nersessian (citada en Moreira & Greca, 1998), ya que ella piensa que “esos modelos mentales pueden ser entendidos como niveles de análisis intermedios entre el

fenómeno y el modelo conceptual”, se describe y justifica la forma como se está concibiendo el fenómeno y el experimento en esta investigación. En este mismo sentido, se plantea la postura adoptada ante la relación teoría-experimento, bajo la cual se estructuran las secuencias de aprendizaje en torno a la construcción conceptual del circuito eléctrico simple como un sistema en el que las relaciones que se dan son de interacción entre sus elementos, lo cual conlleva a pensar el circuito eléctrico como un sistema físico.

2.1 Competencias que debe poseer un profesor de ciencias para el diseño de secuencias de aprendizaje

El origen de esta investigación surge en el momento que deja de concebirse la ciencia como una colección de saberes con carácter de verdad absoluta, y se comienza a concebir como una actividad realizada por un grupo humano que se ha venido diferenciando y conformando históricamente como tal, mediante la construcción de formas especiales de ver, de argumentar, de dar validez a las afirmaciones sobre el mundo y con ello, de actuar con él, tal y como afirman Ayala, Malagón y Guerrero (2004). Por lo que en esta investigación, al igual que Driver, Guesne, y Tiberghien (1989), se asume el conocimiento como un proceso de construcción de significados, producto de la interiorización de la experiencia, que determina las maneras en que observamos, interpretamos, e interactuamos con el mundo.

Por esta razón, debe dejar de asumirse el proceso enseñanza-aprendizaje como un proceso descontextualizado en el que se pretende que los estudiantes -incluso el docente- tengan la capacidad de hablar sobre acontecimientos que no han vivido, pero que culturalmente les han sido transmitidos, no tiene sentido. Como se mencionó en el primer capítulo, no aprendemos con la historia de lo que le paso a otro, aprendemos con lo que nos pasa a nosotros...” José Mujica (Expresidente Uruguayo). Para ello, es necesario ser conscientes de que el conocimiento no es una copia de la realidad, sino que es una construcción que el ser humano ha hecho, la cual se basa en sus percepciones y formas de observar el mundo que le rodea; en ese sentido, en esta investigación se asume el conocimiento como un proceso de estructuración y construcción de significados en el que, tanto el estudiante como el docente deben ser agentes activos en su proceso de aprendizaje.

A continuación se presentan cuatro competencias que deben poseer los profesores de ciencias, según Furió Carlos y Furió Cristina (2009), que han de tenerse en cuenta para el diseño de la secuencia de aprendizaje, la cual es orientada en primer lugar por la tesis: “**El experimento posibilita la construcción de conocimiento en el aula**, particularmente al abordar el significado físico de un circuito eléctrico simple de corriente continua, considerado como un sistema que no puede ser comprendido en términos de la adición de sus partes o de forma lineal”

2.1.1 Primera competencia que debe poseer el profesor de ciencias

Conocer en profundidad la historia y epistemología de las teorías y conceptos que ha de enseñar (saber-saber). En particular, el profesor ha de conocer los principales problemas históricos que se presentaron y coadyuvaron en la construcción de los conocimientos científicos. Este conocimiento de los problemas puede dar pistas al profesorado sobre posibles secuenciaciones de los contenidos del currículum que pueden facilitar el aprendizaje y, también, sobre obstáculos epistemológicos con los que se pueden encontrar sus estudiantes (Furió, 1994). Por lo que se considera pertinente, para el diseño de la secuencia en pro de la construcción conceptual del circuito eléctrico, conocer los principales saltos cualitativos que tuvo que dar la ciencia durante los siglos XVII al XIX para pasar del modelo electrostático al modelo electrocinético.

Guisasola, Montero y Fernández (2005) hacen referencia a que en la primera mitad del siglo XIX, los conceptos de carga, potencial, diferencia de potencial, capacidad, etc. pertenecían al ámbito de las explicaciones teóricas de la electricidad común o electrostática, que nada tenían que ver con el galvanismo o la magnetoelectricidad, ámbitos de experiencias en los que se recogían los fenómenos conocidos en relación con las pilas y la inducción eléctrica respectivamente. Tampoco existía un modelo de la materia que permitiera unificar las explicaciones que se daban a los fenómenos eléctricos en general. Por lo que además señalan, que la noción de carga (término que introduce Franklin en el siglo anterior) nada tiene que ver con el concepto que tenemos actualmente de carga. Es importante tener en cuenta aspectos como este, con el ánimo de enriquecer la estructuración de secuencias de aprendizaje en torno al estudio de fenómenos eléctricos a partir de la revisión de estudios histórico-filosófico.

Es así que revisando algunas investigaciones realizadas sobre posibles formas de razonamiento de los estudiantes acerca del funcionamiento de circuitos eléctricos simples de corriente continua y desde la experiencia docente en Ciencias Naturales, específicamente en Física, se evidencia la persistencia en la dificultad frente a la comprensión del comportamiento eléctrico de la materia, situación que también conlleva a una dificultad en el análisis de fenómenos alrededor del funcionamiento de circuitos eléctricos simples y por lo tanto, desfavorece la construcción significativa de conceptos como el de corriente eléctrica, resistencia eléctrica, f.e.m., diferencia de potencial, y circuito eléctrico por ejemplo.

Una situación que persiste en el aula es el uso de éstos términos de manera memorística, pero que a su vez carecen de significado físico; por ejemplo para explicar algún fenómeno eléctrico, los estudiantes por lo general atribuyen en toda explicación la “culpa” a la presencia/ausencia o ganancia/perdida de “cargas” pero en la mayoría de explicaciones se evidencia que tales descripciones se basan en la “fe” de que en algún lado hay cargas, quedándose en simples expresiones sin referencia a la experiencia. Según Chabay y Sherwood (2006) “La facilidad en usar vocabulario no indica comprensión conceptual”.

La situación anterior se presenta debido al acercamiento de los estudiantes a diversas fuentes de información donde, en la mayoría de ellas se hace una yuxtaposición de teorías y de esta manera se incrementan los problemas de aprendizaje referentes a la comprensión del funcionamiento de circuitos eléctricos. Por ejemplo, se tiende a realizar una mezcla entre la ley de Ohm con las leyes de Kirchhoff, de manera que los estudiantes no tienen presente lo que está a la base de cada uno de estos enunciados y por tanto, suelen presentarse como si tuviesen el mismo estatus ontológico.

Debido a lo enunciado anteriormente, y en correspondencia con la primera competencia que debe poseer un profesor de ciencias, se realiza un mapeo general del contexto histórico de algunos conceptos necesarios a la hora de explicar el funcionamiento de un circuito eléctrico de corriente continua.

2.1.1.1 Acerca del comportamiento eléctrico de la materia

En esta propuesta se realiza un trabajo inicial en el que se busca la ampliación de la experiencia de los estudiantes y logren caracterizar del comportamiento eléctrico de la materia, en el que las secuencias de aprendizaje diseñadas por el docente se basan en la Teoría de Campos para explicar el fenómeno eléctrico, es decir, el medio es un factor influyente en esa interacción eléctrica que se da en él. Cabe resaltar que esta teoría se desarrolla bajo el carácter ontológico de la materia y el espacio como entidades no independientes, sino que el medio es continuo y lo único que diferencia a éste de la materia son algunas propiedades.

Para llevar al aula esta actividad es necesario realizar un trabajo sistemático y experimental similar los que hicieron Franklin, Gray, Gilbert, Du Fay y Maxwell respecto a la caracterización del comportamiento eléctrico de la materia, donde el estudiante establezca unas conclusiones a partir de la organización del fenómeno eléctrico; es decir, aquí el experimento no busca corroborar que cargas iguales se repelen y cargas distintas se atraen, sino que se busca que el estudiante llegue a comprender la doble naturaleza eléctrica de la materia y que también pueda establecer conclusiones al analizar cómo afecta el medio al conducir esos tipos de electricidad bien sea por inducción (o influencia como dijo Du Fay) o por conducción, y que de acuerdo a esa manera de comunicar esa electricidad se pueden observar atracciones o repulsiones entre los cuerpos.

En Guisasola & Furió (1997) y García (2002), se presenta un análisis histórico-crítico frente al fenómeno eléctrico respecto a la caracterización del comportamiento eléctrico de la materia, del cual se retoman los siguientes aspectos tanto conceptuales como procedimentales:

- Franklin (1747) considera la electricidad como un fluido eléctrico, donde al frotar un cuerpo, éste gana una cantidad de fluido eléctrico y el otro lo pierde. El hecho de que el modelo afirme que todas las electrificaciones se deben a un movimiento de materia eléctrica -lo que gana un cuerpo lo pierde el otro- implica aceptar no sólo la transferencia sino también la noción de conservación de la carga.

En estas propuestas investigativas se expone todo el trabajo experimental y sistemático que realizó Franklin para llegar a conclusiones como la enunciada anteriormente.

- Watson (1715-1787) introduce como causa del movimiento del fluido eléctrico su diferencia de densidades. Esta idea supuso un salto cualitativo, ya que implica atribuir al fluido eléctrico una cierta compresibilidad (modelo gaseoso). Esta presión del fluido eléctrico fue considerada como un primer concepto cualitativo que puede preceder a lo que hoy entendemos por diferencia de potencial. Cabe resaltar que esta analogía surge de la necesidad establecida de cuantificar la “cantidad de fluido eléctrico”, por lo que se acude a buscar comportamientos análogos con otros fenómenos ya estudiados y con un “mayor avance” en esta época.

A finales del siglo XVIII se pensaba que para lograr avances significativos respecto a los fenómenos eléctricos era necesario acceder o crear magnitudes cuantificables, de esa cantidad de fluido eléctrico. Sin embargo hubo dificultades para conseguir tal fin, por lo que se planteó acceder a otros campos de conocimiento de fenómenos que se comportaran de manera similar a los fenómenos eléctricos.

- En 1785 aparece la primera memoria de coulomb, en la que expone un nuevo modelo y además mecanicista que define la carga de forma operativa a partir de sus efectos dinámicos (según la ley de coulomb) y no se define sobre el modelo de fluido único de franklin. El modelo, de forma coherente con la física de newton, introduce «la acción a distancia», que actúa de forma instantánea entre los cuerpos cargados, siendo las fuerzas de tipo central. De hecho, los científicos imaginaban ahora el fluido eléctrico constituido por partículas eléctricas que permanecían en el cuerpo durante las atracciones y repulsiones, ejerciéndose fuerzas entre sí a distancia sin intermedio de ningún soporte material. Así pues, la teoría de coulomb extendía la mecánica newtoniana a la electricidad.

García (2012), afirma que pensar bajo este modelo de acción a distancia implica la existencia ontológica del espacio, el tiempo y la materia, independientes entre sí; concibiéndose además espacios vacíos, no ocupados por materia. El espacio es homogéneo e isotrópico. Solo la materia es susceptible de cambios y solo ella puede ser causa de los mismos y sede de la acción; el espacio y el tiempo, entretanto, son inmutables e inertes, son meros recipientes de la materia y de los sucesos, respectivamente. De allí que toda acción entre cuerpos distantes deba ser considerada como efectuada de forma directa, inmediata. Mientras que desde la visión de la Teoría de Campos no existe la materia discreta, lo que existe ontológicamente es el espacio en el cual se suceden los fenómenos. Los cuerpos son solo regiones del espacio con “propiedades”

diferentes. Así que el fenómeno eléctrico es determinado por el estado del espacio: por lo que, electrificar un cuerpo es perturbar el espacio en una región dada del espacio mismo, perturbación que se extiende a las regiones vecinas afectándose así todo el espacio. La carga, como fuente central de poder, pierde aquí toda su dimensión y pasa a ser una característica del estado del espacio (puntos de divergencia o convergencia del campo eléctrico), el cual es visto como sede de las fuerzas y energía.

- Du Fay (1698-1739) denomina la electrificación que adquieren los cuerpos por frotación propia y la que adquieren los cuerpos por contacto (conducción) ajena. Encuentra que los cuerpos menos aptos para convertirse en eléctricos por sí mismos son los que más fácilmente resultan atraídos y los que con más facilidad transmiten a mayor distancia y más abundantemente la materia eléctrica; mientras que los que tienen más disposición en convertirse en cuerpos eléctricos por sí mismos, son los menos apropiados para adquirir una electricidad ajena y para transmitirla a distancia apreciable.

Du Fay resalta además que un cuerpo electrificado por influencia (inducción) es siempre atraído por el cuerpo inductor, lo que permite establecer que el efecto de atracción es una manifestación mecánica entre dos cuerpos electrificados. Esta fue una nueva manera de ver la atracción, pues antes se consideraba que la electrificación la poseía el cuerpo frotado, y el cuerpo que servía como detector carecía totalmente de electrificación, ahora la atracción era posible si estaban electrificados los dos cuerpos.

Es relevante denotar que el efecto de repulsión entró a ser significativo en la organización del fenómeno eléctrico después de ciertas experiencias, y la atracción dejó de ser la evidencia privilegiada que hasta el momento había sido. Además, Du Fay llega a establecer que la atracción y la repulsión dan cuenta del tipo de comunicación de electrificación que se ha dado entre los cuerpos:

- ✓ Al electrificar por frotación un objeto A y ponerlo en contacto con otro B (conducción de la electrificación), el efecto entre ellos es de repulsión;
- ✓ Pero si A solo se aproxima a B (comunicación de la electrificación por influencia o inducción) el efecto entre ellos es de atracción.

Estos experimentos lo llevan a establecer que existen dos tipos de electricidad muy diferente una de la otra; a una la llamo electricidad vítrea y a la otra electricidad resinosa. La primera es la de los materiales que se comportan como el vidrio: el cristal de roca, pelo de animales, lana y otros cuerpos; y la segunda la de los materiales que se comportan como el ámbar: copal, goma seda, hilo papel y un vasto número de otras sustancias. Respecto a esos comportamientos de la materia resalta que la característica de estas dos electricidades es que los cuerpos de la electricidad vítrea repelen a los de la misma electricidad y, por el contrario atraen a aquellos de electricidad resinosa.

Sin embargo, es de resaltar que Faraday va más allá en la caracterización de la inducción eléctrica y plantea que ella es debida a la acción del medio en el cual se desarrolla; de modo que lo que para los textos está determinado solamente por la distancia, para él es totalmente dependiente del medio interpuesto. Para él, la inducción es asumida como un cierto **estado** que adquieren los cuerpos al ser afectados por la influencia de electrificación de un cuerpo cercano.

Para Maxwell, al igual que Du Fay, los efectos de atracción o repulsión solo son posibles de observar entre cuerpos electrificados, es decir que no se puede presentar el caso en que un objeto electrificado pueda atraer a otro no electrificado. Por ejemplo, al frotar una barra de plástico y acercarla a un papelito (inicialmente no electrificado) debe ocurrir que este último adquiera un tipo de electrificación que le permita atraerse con la barra.

Este hecho es un obstáculo epistemológico que también suele presentarse de manera muy común en el aula de clase, por lo que debe organizarse la secuencia de manera que los estudiantes logren “observar” que para provocar atracciones o repulsiones, es necesario que los dos cuerpos se encuentren electrificados y que además, depende de la forma en que se “comunique” esa electrificación, bien sea frotamiento, por inducción o por contacto.

En virtud de lo mencionado anteriormente, se considera importante reflexionar acerca de lo que implica cargar (electrificar) un cuerpo. En esta investigación se plantea tal análisis desde el modelo de teoría de campos, y desde este contexto se resalta cuatro aspectos mencionados en Guisasola et al. (2008):

- Cargar un cuerpo (acumulación de carga) implica realizar un trabajo sobre el sistema (cuerpo-entorno); ese trabajo es asociado con el aumento de energía potencial eléctrica en el cuerpo cargado, por lo tanto, éste tiene un potencial eléctrico.
- En ese sentido, se presenta una diferencia de potencial entre el cuerpo cargado y su entorno.
- Esa carga almacenada en el cuerpo depende de su geometría y del medio. Además presenta un límite.
- La facilidad con que se carga un cuerpo implica una relación entre el trabajo realizado sobre el sistema (cuerpo-entorno), por tanto la energía que ha adquirido el cuerpo, y la cantidad de carga que tiene el cuerpo.

El análisis de estos aspectos a través del trabajo experimental, va orientando el camino hacia la construcción de conceptos como el de carga eléctrica y diferencia de potencial, los cuales requieren ser comprendidos para facilitar la comprensión de fenómenos electrostáticos y electrocinéticos en pro de la construcción conceptual de circuito eléctrico.

En este orden de ideas, se pretende también que así como Volta evidenció que al tomar un disco de cobre y uno de zinc, cada uno con una pinza aislante y poniéndolos en contacto entre sí por un instante, al separarlos después y ponerlos en contacto con un electroscope sensible, este instrumento indicaba que los discos estaban electrificados, de hecho que por un lado el zinc adquiriría una carga positiva y el cobre una negativa (Whittaker, 1973; citado en Díaz y Martínez, 2014), también los estudiantes logren identificar esa electrificación que se produce al colocar en contacto dos metales distintos y que esa electrificación se logra con mayor facilidad al colocar entre ellos un electrolito. Aspecto que se considera relevante para comprender la función de una batería dentro de un circuito eléctrico.

2.1.1.2 Red conceptual alrededor de la explicación del funcionamiento de un circuito eléctrico simple

Desde un punto de vista científico, en el contexto de circuitos eléctricos sencillos, la fuerza electromotriz es una magnitud que cuantifica la energía cedida a la unidad de carga por la batería debido a una serie de “acciones eléctricas no electrostáticas” dentro de ella. Además, este concepto se define de forma muy específica en relación con los conceptos de carga, diferencia de

potencial e intensidad de corriente eléctrica y es usado para explicar la función de las baterías en un circuito eléctrico de corriente continua (Chabay & Sherwood, 2002; citados por Guisasola et al., 2007). Sin embargo, en esta investigación se diseña la secuencia de aprendizaje con el propósito de propiciar en los estudiantes la (re)construcción conceptual de carga eléctrica, diferencia de potencial, corriente eléctrica y circuito eléctrico. Y, aunque no se profundiza en la construcción conceptual de la f.e.m del circuito eléctrico de corriente continua, si se hace énfasis en la función de la pila dentro de éste.

En este orden de ideas, se considera pertinente diseñar montajes experimentales que dirijan a los estudiantes al planteamiento de modelos explicativos que respondan a interrogantes como:

- ¿Por qué se “desplazan” las cargas eléctricas en un conductor o qué sucede con ellas?
- Si es que las cargas se desplazan, ¿cómo es que se puede mantener un flujo continuo de ellas?
- ¿Cómo es que una pila logra mantener una diferencia de potencial entre sus bornes?
- ¿Cómo “circulan” las cargas eléctricas a lo largo de todo el circuito o qué es lo que sucede en todo el sistema?
- ¿Cómo se transfiere o se transforma la energía en las diferentes partes del circuito?

Estos cuestionamientos conllevan a pensarse en qué es lo que se está midiendo cuando el circuito está abierto o cerrado, además de pensar en la función del instrumento de medida. Por lo que resulta necesario que el estudiante se concientice de que la medida que indica el voltímetro cuando el circuito está abierto, da cuenta de la transformación de energía química en energía potencial eléctrica en el interior de la pila; y que al introducir el voltímetro pero ahora en el circuito cerrado (con los cables y el led), la medida registrada allí está describiendo un proceso diferente al anterior. Es decir, que se está haciendo referencia a la transformación de esa energía potencial eléctrica en energía cinética (lo que denominamos diferencia de potencial), la cual puede ser manifestada a través de la corriente eléctrica, y que a la vez esta es percibida a través de efectos térmicos, lumínicos y magnéticos, entre otros efectos sensoriales.

De esta manera, aunque las unidades de medida obtenidas en estos dos procedimientos son las mismas, cada una describe un “proceso físico” diferente. La diferencia de potencial puede llegar a ser en magnitud, menor o igual a la magnitud registrada con el circuito abierto (f.e.m), pero

nunca mayor; esto puede ser comprendido en términos de la conservación de la energía en el circuito eléctrico.

En ese sentido, Sutton & Wise (citados por Guisasola et al., 2007) afirman que desde el punto de vista de la epistemología de la ciencia, el análisis de la controversia Volta-Galvani respecto a los procesos de electrificación de las sustancias, que llevaron a una interpretación electrodinámica de los circuitos eléctricos, durante un largo periodo de tiempo, no se puede subestimar. Por lo que en esta investigación, se fundamenta el trabajo experimental en el análisis de los procesos que se dan en el circuito eléctrico bajo las condiciones: abierto (interior de la pila) o cerrado. Para ello, se dirige a los estudiantes al análisis de todas las variaciones posibles de carácter macroscópico que se puedan presentar para explicar el funcionamiento de un circuito eléctrico. Este proceso es relevante ya que corresponde al periodo de historia de la electricidad donde se produce la transición de la electrostática a la electrocinética.

Sin embargo, se evidencia que en muchas ocasiones al estudiar los circuitos eléctricos simples en el aula, se tiende a ignorar estos procedimientos experimentales y por ende, los análisis que de ellos se pueden realizar en pro de la construcción del conocimiento científico escolar, así que se presenta a los estudiantes de manera arbitraria conceptos como el de diferencia de potencial, por ejemplo; como consecuencia de ello, no se analiza verdaderamente la función de la pila dentro del circuito. Esta situación implica estudiar el circuito eléctrico no como un sistema físico, sino como una disposición en términos de la adición de sus partes, sin tener en cuenta la relación que se presenta entre cada una de ellas; procedimiento que conlleva a que los estudiantes no distingan entre un circuito ideal y un circuito real. Y es de esta forma que se introduce a los estudiantes al “estudio” de las relaciones que se presentan entre el voltaje, la corriente y la resistencia desde el enunciado de la ley de Ohm, sin hacer énfasis en que ésta es aplicable sólo a una parte del circuito (la exterior). Incluso se suele ignorar la resistencia de los cables con los que se hacen las conexiones para conformar un circuito, por ejemplo.

Por esta razón se considera necesario analizar las principales dificultades que se produjeron en el desarrollo de estos conceptos a lo largo de la historia, para posteriormente tenerlos en cuenta en el diseño de la secuencia de aprendizaje.

A partir de la controversia entre Galvani y Volta, éste último trataba de establecer que el “fluido galvánico” de origen animal, era de la misma naturaleza que la electricidad ordinaria, es decir, estática, Hurd & Kipling (citados por Guisasola et al., 2007). En el seno de la polémica acerca de la naturaleza de la electricidad, Volta descubre que cuando dos piezas descargadas de metales diferentes se ponen en contacto, ya sea directamente o con la intervención de un electrolito, los dos metales llegan a cargarse y permanecen cargados a pesar del hecho de que hay un excelente camino conductor, un circuito cerrado, a través del cual las cargas podrían fluir para neutralizarse entre sí. Hay una clara violación de la electrostática en este hecho, ya que según lo que se conocía de electrostática, cargas opuestas no se pueden separar o si lo hacen vuelven a recombinarse (Sutton, Brown & Aguilar, citados por Guisasola et al., 2007).

Al respecto, Tatón (citado por Garzón, 2012) referencia una carta que Volta dirige a G. Green (1793-1841), escrita en 1796, en la que afirma:

“El contacto entre conductores diferentes, sobre todo metálicos..., que llamaré conductores secos, o de primera clase, y conductores húmedos, o de segunda clase, despierta el fluido eléctrico y le comunica cierto impulso o incitación. Todavía no sé dar razón de la manera como se produce eso, pero basta con que sea un hecho general. Esta incitación –ya sea una atracción, una repulsión o un impulso cualquiera- es diversa y desigual tanto respecto de la diferencia de los metales como por lo que hace a diferentes conductores húmedos... Así, siempre que en un círculo completo de conductores se coloca uno de la segunda clase entre dos de la primera diferentes entre ellos, o uno de la primera clase entre dos de la segunda, también diferentes entre sí, se establecerá hacia la izquierda o hacia la derecha, según la fuerza predominante, una corriente eléctrica, una circulación de ese fluido que no se interrumpe más que rompiendo el círculo, y que restablece en seguida cada vez que se cierra el círculo.”

Así mismo referencia una parte de una segunda carta, también a Green, en la que Volta es aún más específico:

“El contacto entre, por ejemplo, plata y estaño da surgimiento a una fuerza, un esfuerzo, que causa que el primero dé fluido eléctrico, y el segundo lo reciba: la plata tiende a liberarlo, y libera algo en el estaño, etc. Si el circuito también contiene conductores húmedos, esta fuerza o tendencia produce una corriente, un flujo continuo del fluido, el cual viaja en la dirección mencionada arriba desde la plata al estaño, y desde el estaño vía el conductor húmedo vuelve a la plata y entonces vuelve al estaño, etc. Si el circuito no está completo, si los metales están aislados, el resultado es una acumulación de fluido eléctrico en el estaño a expensas de la plata...” Kragh (citado por Garzón, 2012)

Por lo que se considera pertinente resaltar algunos de estos aspectos, para el diseño de la secuencia de aprendizaje en pro de la construcción de explicaciones sobre el funcionamiento de la pila dentro de un circuito eléctrico simple, de los cuales se retoman algunos aspectos que se describen a continuación.

- Volta afirmó que el movimiento de la electricidad en su pila es más intenso si las dos sustancias en contacto son conductores sólidos (dos metales), y es más débil si el contacto es entre un conductor sólido y uno líquido, o si es entre dos conductores líquidos.
- El hecho de que las cargas se muevan al poner en contacto los dos metales diferentes muestra que la acción es motriz. Volta fue consciente de una propiedad de tales contactos: si se conecta apropiadamente mediante un conductor húmedo o electrolito (que asegura un contacto íntimo entre los dos metales permitiendo el paso de la electricidad del uno al otro) para formar un circuito cerrado, provoca corrientes eléctricas continuas. Es de resaltar que como no existía la noción de energía en el contexto de Volta, por lo que él se centraba en hablar de una fuerza que comunica un impulso al fluido eléctrico (Tatón, citado por Garzón, 2012). Ahora bien, puesto que los efectos observados eran débiles, por esto muchas veces los detectores que se utilizaban para poner de manifiesto la electricidad seguían siendo los músculos de rana y las sensaciones de gusto en la lengua.
- A finales de 1799, Volta inventó un dispositivo que llamó “pila eléctrica”. Tal dispositivo consistía en una pila de pares de discos cinc-cobre en contacto directo, pero separado cada par del siguiente por un cartón húmedo con agua. La pila afectaba un electrómetro y producía sensaciones de choque, sabor, luz, y sonido; además, la intensidad de los fenómenos observados era bastante notable. Volta, como era de esperar, interpretó la pila en términos de la teoría de electrificación por contacto de dos metales diferentes. La estrecha relación entre la pila y el concepto teórico de electrificación por contacto se refleja en el título de una carta que le escribió a J. Banks (1743-1820) en 1800: “Sobre la Electricidad Excitada por el Simple Contacto de Sustancias Conductoras de Diferentes Clases”. En posteriores publicaciones, Volta mantiene que la acción de la pila se debía únicamente al contacto entre los metales y que el conductor húmedo solamente sirve para facilitar el paso

del fluido eléctrico, es decir, la conducción de la corriente eléctrica, (Tatón, Kragh & Kipnis citados por Garzón, 2012).

Lo anterior, como afirma Garzón (2012) refleja que un aspecto notable de la teoría de Volta era la interpretación dinámica de la electrificación por contacto de dos metales diferentes. Al parecer, él distinguía entre efectos electrostáticos de la pila y los producidos cuando sus extremos están conectados por un conductor. El siguiente texto de Volta también ilustra esto:

“Estos poderosos y maravillosos efectos son sólo la suma de los efectos de varios pares metálicos..., de esta electricidad, de esta corriente continua del fluido eléctrico la cual por acción de metales acoplados, se establece tan pronto como un conductor une los dos extremos del aparato, y una vez establecido, se mantiene así misma y dura tanto como el círculo no se rompa.” (Benseghir & Closset, citados por Garzón, 2012)

Debido a la no aceptación del modelo explicativo de Volta ya que no encajaba con el contexto científico de la época, se realiza una reinterpretación de la pila en términos electrostáticos, el cual se basó en la construcción de una analogía entre ésta y la botella de Leyden: Conectar los extremos de la pila a un conductor es análogo del proceso de descarga de una botella de Leyden; la única diferencia es que después de que la botella se ha descargado no se producen más efectos, mientras que la pila se electrifica así misma continuamente y sus efectos se reproducen continuamente. Esto significa que la pila se interpretó en términos del fenómeno de descarga.

La implicación metodológica de esta actitud fue que la investigación se enfocó en los extremos de la batería, considerados separadamente y en circuito abierto. Después de 1820 se aceptó la distinción entre un circuito abierto y un circuito cerrado. También, más o menos hasta este tiempo, hubo interés en la tensión de la electricidad en los extremos de la pila. Esta situación no permitía que emergiera la idea de “corriente del fluido eléctrico”.

De acuerdo a lo anterior, es de notar que las principales observaciones y mediciones de Volta no fueron de corrientes sino de diferencias de “tensión del fluido eléctrico” (noción que antecedió al concepto de potencial eléctrico) que se producían entre los metales en contacto (con o sin un electrolito entre ellos) y que él medía con electroscopios, en su mayoría creados por él.

En Varney & Fisher (citados por Guisasola et al., 2007), se afirma que Ohm realiza una aportación trascendente en las explicaciones acerca de los circuitos eléctricos al obtener una serie

de resultados experimentales que permitieron la construcción de la primera teoría coherente de la conducción eléctrica. En su libro “El circuito galvánico investigado matemáticamente” Ohm definió su noción de “fuerza electroscópica” antecedente inmediato del potencial eléctrico para el caso de los circuitos eléctricos. Posteriormente, definió la magnitud “tensión” (en sus escritos en alemán utilizó la palabra “spannung”) en una porción del circuito como la diferencia entre las “fuerzas electroscópicas” en sus extremos.

Del mismo modo que Fourier en su teoría distingue entre calor y temperatura, suponiendo que el flujo de calor entre dos partes adyacentes de un sistema es proporcional a sus temperaturas, la teoría de Ohm hace de la cantidad de electricidad la variable crítica, haciendo descansar sobre la densidad superficial de carga (fuerza electroscópica, equivalente al potencial eléctrico) el mismo papel que matemáticamente jugaba la temperatura en la teoría de Fourier. La fuerza electroscópica se mide con un “instrumento electrostático” como un termómetro mide la temperatura, (Varney & Fisher, citados por Guisasola et al., 2007). Es de resaltar que el modelo de Ohm también se encontraba situado en el paradigma electrostático.

Alrededor de 1847 Kirchhoff aborda el estudio de las leyes de Ohm, sobre la conducción y de Kohlrausch acerca de la medida de tensiones en condensadores, identifica la fuerza electroscópica de Ohm con la diferencia de potencial, (Varney & Fisher, citados por Guisasola et al., 2007). Esta identificación sólo fue posible desde el cambio que supuso la introducción del concepto de energía; y es la adopción de esa nueva perspectiva la que permite la interpretación de los circuitos de manera más general, es decir, se posibilita la interpretación macroscópica de lo que sucede en todo el circuito.

En el marco conceptual de la teoría de campos se desarrolla el concepto de energía asociada al campo, ya sea conservativo (energía potencial) o no conservativo (fuerza electromotriz, en este caso, de una pila en circuitos de corriente continua). Y es en este paradigma en el que actualmente se definen los conceptos de potencial eléctrico y fuerza electromotriz (Chabay & Sherwood, citados por Guisasola et al., 2007). Es necesario que el docente sea consciente de que estos dos conceptos están relacionados epistemológicamente pero que son distintos. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, en esta investigación se analizarán los procesos que se dan al interior de la pila con los estudiantes, pero no se profundizará en la construcción conceptual de la fem del circuito. El propósito es que los estudiantes elaboren modelos

explicativos sobre las transformaciones de energía que se dan dentro del circuito eléctrico abierto y cerrado; esto con el fin de (re)construir el concepto de diferencia de potencial. Ver diagrama 2.1.

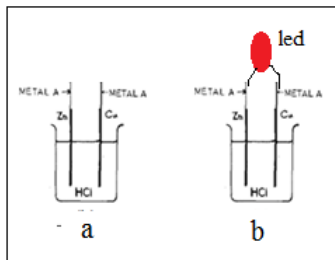


Diagrama 2.1 (a) Transformaciones de energía al interior de la pila (circuito abierto). (b) Transformaciones de energía por fuera de la pila (circuito cerrado).

Dentro del contexto de esta investigación, es decir el estudio de circuitos eléctricos de corriente continua, se tiene en cuenta que el voltímetro en un circuito abierto, mide la energía que la pila (fuente) suministra a la unidad de carga que atraviesa cualquier sección del circuito. Y que este tipo de proceso realizado al interior de la pila suele consistir en una serie de reacciones químicas que de manera general podemos llamar “acciones no conservativas”, y que éstas, constituyen la causa de una separación de cargas de distinto signo entre sus electrodos y por tanto, la causa de una diferencia de potencial constante entre sus electrodos.

En conclusión, la medida registrada en el multímetro en un circuito de corriente continua abierto, desde el paradigma energetista desde el cual se aborda esta investigación, hace referencia a una magnitud que cuantifica una transferencia de energía de la pila a las cargas del circuito.

Es así que en esta investigación, el diseño e implementación de la secuencia se hace desde el paradigma energetista, como se mencionó anteriormente, ya que se considera el modelo más completo para analizar el circuito eléctrico como un sistema físico en términos de la conservación de la energía⁴. Sin embargo se retoma algunos contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales desde el contexto de Franklin, Du Fay, Gray, Volta y otros autores que se han mencionado a lo largo de este trabajo, pues se considera que brindan

⁴ Se aborda la explicación del funcionamiento del circuito eléctrico desde la noción de conservación de la energía que poseen los estudiantes; aunque se es consciente en esta investigación que este concepto constituye un campo de estudio investigativo bastante amplio respecto a problemas que han de tenerse en cuenta en su enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, por las intenciones mismas de esta investigación y por cuestiones de tiempo, tal estudio no se desarrolla en este trabajo.

herramientas indispensables para la construcción de los conceptos de estado de electrificación de los cuerpos, carga, diferencia de potencial, resistencia, corriente, fem y circuito eléctrico (abierto/cerrado).

Ahora el interrogante es: ¿Cómo se puede producir corriente eléctrica? Anteriormente se ha mencionado que es necesario generar una diferencia de potencial para que se produzca una corriente, sin embargo, a continuación ampliaremos un poco más el modelo explicativo alrededor de esta pregunta.

La corriente de descarga que se produce en dos placas cargadas, como las del diagrama 2.2, decrece rápidamente con el tiempo llegándose con relativa rapidez a una situación de equilibrio electrostático. Ahora bien, ¿Cómo podríamos superar esta situación y alcanzar una corriente estable?

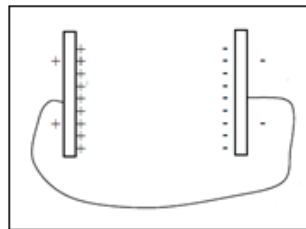


Diagrama 2.2 Descarga eléctrica a través de un conductor entre dos placas

Si durante la descarga se pudiera diseñar un mecanismo transportador de cargas, en el espacio entre ambas placas, se podría compensar esa descarga eléctrica. Es decir, el paso de cargas negativas, en sentido horario, desde la placa negativa a la positiva a través del conductor, puede compensarse por medio de un dispositivo mecánico (como sucede en el generador de Van de Graaff) situado entre las placas que permita el paso de cargas (por ejemplo, negativas) de la placa positiva a la negativa. De esa manera, la disminución de carga en las placas (por la descarga) quedaría compensada con un aumento en la misma proporción de carga en ellas (por el procedimiento descrito). Ese dispositivo se denomina batería mecánica, puesto que persigue el mismo fin que las baterías químicas convencionales (por ejemplo la pila de Volta).

El generador Van de Graaff, se emplea una cinta transportadora para llevar carga, desde su base hasta una esfera metálica en su parte superior y constituye, por tanto una batería mecánica, que

se puede asimilar a lo que sucede en el interior de la pila para que se dé el proceso de separación de cargas, como se ilustra en el diagrama 2.4.

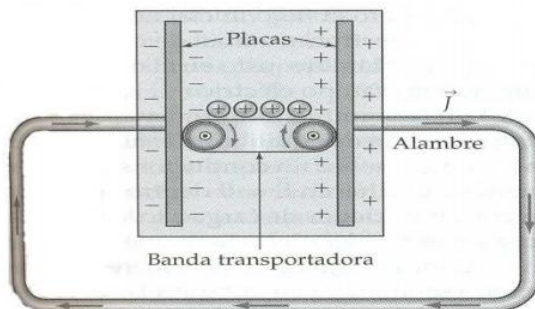


Diagrama 2.3⁵ Analogía del mecanismo de funcionamiento del generador de Van de Graaff aplicado a una batería química

De esta manera la batería mantiene una diferencia de potencial entre las placas, por medio de un transporte de cargas desde una placa hasta la otra; al contrario de lo que sucede en la descarga entre conductores.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta la diferencia que se presenta entre una batería ideal y una real, situación que suele obviarse en muchas ocasiones en el aula de clases. Por esta razón, en esta investigación se dirige al estudiante al análisis del comportamiento de los circuitos eléctricos desde un contexto macroscópico, en el que han de construir modelos explicativos que den cuenta de lo que sucede con todo el sistema al modificar alguno de sus elementos; incluso analizar lo que sucede con la batería al interior de ella y la manera como afecta el circuito en sí. En ese sentido, no se pueden ignorar aspectos como por ejemplo la resistencia de cada una de las partes que conforman el circuito, situación que suele presentarse muy a menudo en el aula de clases de educación básica y media.

Ahora bien, si se tiene en cuenta la resistencia interna de una batería y la forma cómo esta afecta el circuito, es necesario propiciar actividades para que los estudiantes logren observar que cuanto menor sea esa resistencia, pasará una mayor intensidad de corriente en el circuito.

⁵ Representación y analogía rescatadas de:
http://cvb.ehu.es/open_course_ware/castellano/tecnicas/electromagnetismo/contenidos/corriente-electrica/corriente-electrica.pdf

De acuerdo a lo anterior y en virtud de crear con los estudiantes un modelo explicativo funcional y coherente, sobre cómo y por qué se genera una corriente eléctrica de forma continua en un circuito sencillo, se considera tener en cuenta los procesos que se dan al interior de la pila dentro de un circuito abierto o cerrado, los cuales son necesarios de comprender para explicar la presencia o no de una corriente eléctrica.

2.1.2 Segunda competencia que debe poseer el profesor de ciencias

Saber secuenciar objetivos y contenidos adecuados (saber-hacer) al nivel psicológico del estudiante en forma de situaciones problemáticas de interés personal y/o social.

El profesorado ha de saber derivar unos objetivos y contenidos adecuados al nivel educativo del alumnado y a la ciencia escolar que ha de enseñar. Esta secuenciación de contenidos de la Ciencia a enseñar puede tener un hilo conductor basado en la historia y epistemología de la ciencia (concebidas como secuencia de problemas cuya solución contribuyó a la construcción de los conocimientos científicos). Al mismo tiempo, el profesor puede tener en cuenta la dimensión epistemológica en el proceso de aprendizaje para salir al paso de una presentación aproblemática y, por tanto, de una presentación arbitraria de los conceptos y teorías científicas (Ausubel, 1978; citado por Guisasola et al., 2007).

De los aspectos históricos mencionados en el numeral 2.1.1 se pueden extraer algunos problemas significativos de la transición del modelo electrostático al modelo electrocinético para abordar el estudio de los circuitos eléctricos de corriente continua. Para ello se ideó un hilo conductor epistemológico para organizar los objetivos y contenidos diseñando una unidad didáctica conformada por tres etapas. La primera cuyo objetivo es la caracterización del comportamiento eléctrico de la materia, la segunda centrada en las condiciones necesarias para producir una corriente constante (transición entre los modelos electrostático y electrocinético) y por último, la tercera etapa en la que se busca que los estudiantes identifiquen y establezcan relaciones de dependencia entre las variables (conceptos construidos a lo largo de la secuencia) teniendo en cuenta el circuito como un **sistema** físico.

2.1.3 Tercera competencia que debe poseer el profesor de ciencias

El profesor ha de tomar decisiones adecuadas sobre las competencias específicas que ha de adquirir el alumnado respecto a los contenidos seleccionados y tener en cuenta sus principales dificultades (saber-ser). El profesorado ha de saber cómo ha de contribuir la temática que enseña a las competencias básicas del currículum escolar y, además, seleccionar las competencias específicas que han de adquirir los estudiantes en el microcurrículum constituido, en este caso, por las tres etapas de la unidad didáctica que se ha diseñado (ver numeral 3.1). Ello implica, a su vez, tener conocimientos suficientes sobre los posibles obstáculos del alumnado respecto a la secuencia de contenidos que se pretende enseñar (Guisasola et al., 2007).

Por lo que durante la implementación de la secuencia de aprendizaje se espera que los estudiantes:

- ✓ Comprendan el comportamiento eléctrico de la materia de manera que puedan construir modelos explicativos que den cuenta de las formas de conducir la electricidad y los efectos que se observan como consecuencia de esas diversas formas de electrificar los cuerpos (Etapa 1).
- ✓ Identifiquen condiciones que permitan caracterizar un fenómeno dentro de un contexto electrostático o electrocinético de manera que se favorezca la (re)construcción conceptual de los términos que han sido empleados como sinónimos en los modelos mentales de los estudiantes al dar cuenta de lo percibido a través de sus sentidos. (Etapa 2 y 3).
- ✓ Expliquen el circuito eléctrico como un sistema físico de manera que describa relaciones de interacción entre las variables que se han (re)construido durante el desarrollo de la secuencia (Etapas 2 y 3).

Teniendo en cuenta las competencias mencionadas anteriormente, en la tabla 2.1 (ver pág.43) se presentan los objetivos de la secuencia de aprendizaje, basados en algunos indicadores de aprendizaje propuestos en Guisasola, Montero & Fernández (2007) y en Guisasola, Garmendia, Montero & Barragués (2012) para el estudio de los circuitos eléctricos. Estos objetivos, se fijan desde los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que se espera desarrollen los estudiantes a lo largo de la implementación de la secuencia.

Tabla 2.1 Secuencia de aprendizaje para el estudio de los circuitos eléctricos simples.

<p>Secuencia de Aprendizaje: Construcción conceptual del circuito eléctrico. Recorrido histórico para el diseño de la unidad didáctica que responde a los objetivos de la secuencia de aprendizaje.</p>		
	<p>CONCEPTUAL</p>	<p>Analizar las condiciones y procesos para que se dé la electrificación de los cuerpos.</p> <p>Asociar la diferencia de potencial con los procesos de carga de los cuerpos (teniendo en cuenta el medio).</p> <p>Asociar la resistencia eléctrica con la capacidad eléctrica que poseen los cuerpos.</p> <p>Reestructurar los modelos de corriente eléctrica que poseen los estudiantes.</p> <p>Analizar los procesos internos de la pila y su función en el circuito.</p> <p>Identificar que el fenómeno de la corriente eléctrica es debido a una diferencia de potencial y no lo contrario.</p>
	<p>PROCEDIMENTAL</p>	<p>Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico: Reconstruir los conceptos físicos que favorecen la elaboración de modelos explicativos sobre el funcionamiento de un circuito eléctrico.</p> <p>Identificación de Propiedades: Organizar y caracterizar el comportamiento eléctrico de la materia.</p> <p>Relación entre Variables: Identificar las relaciones de dependencia o independencia entre las variables físicas (re)construidas, en virtud de explicar el funcionamiento de un circuito eléctrico.</p> <p>Representar esquemáticamente sus observaciones como herramienta de apoyo en la construcción de explicaciones.</p> <p>Elaboración de Conclusiones sustentadas en las</p>

CONTENIDO		evidencias experimentales.
	ACTITUDINAL	<p>Reconocer la importancia de proponer modelos explicativos con el ánimo de establecer un diálogo de saberes con sus compañeros frente a los fenómenos observados.</p> <p>Desarrollar criterios para juzgar el valor del trabajo propio y el de otros.</p> <p>Trabajar en equipo y reconocer la contribución de los demás intercambiando e integrando ideas.</p>
Objetivo de la secuencia	Proponer modelos explicativos que den solución a situaciones desconocidas a partir de la reconstrucción de los conceptos de carga, diferencia de potencial, resistencia eléctrica, corriente eléctrica, batería (su función) y circuito eléctrico.	
Población	60 estudiantes de grado undécimo del colegio Colsubsidio San Vicente IED.	
Tiempo	8 sesiones de 90 minutos cada una.	
Materiales	<p>Fotocopias.</p> <p>Material para cada uno de los diseños experimentales, los cuales se describen en cada una de las sesiones.</p> <p>Audiovisuales.</p> <p>Los experimentos se desarrollaron dentro del aula y en lugares abiertos (cancha de fútbol o montaña)</p>	

2.1.4 Cuarta competencia que debe poseer el profesor de ciencias

Saber seleccionar estrategias didácticas que faciliten el aprendizaje (saber-hacer). Esta competencia docente se refiere a la necesidad de decidir cómo se quieren enseñar los contenidos secuenciados previamente (Guisasola et al., 2007).

“Todo conocimiento es la respuesta a una cuestión”
(Bachelard, 1938)

Al dejar de concebirse la ciencia, y por tanto su enseñanza, como un “conjunto de sucesos” ahistóricos y aproblemáticos, se dejará de ignorar que los científicos a lo largo de la historia han

trabajado en función de los problemas que les tocó vivir en su época. Por lo tanto, se podrá resaltar que el conocimiento es el resultado de unas formas de proceder y razonar que, a su vez, se encuentran ligadas a unos contextos históricos, sociales y culturales.

Al respecto, la idea general de la enseñanza mediante la investigación dirigida es que el estudiante construya por sí mismo (y en relación con sus compañeros) un cuerpo de conocimientos que le permita explicar científicamente fenómenos cotidianos (o no) bajo la orientación del profesor. A diferencia del modelo de aprendizaje por descubrimiento (por ejemplo), en esa construcción las ideas no son cuestionadas con el fin de producir un cambio conceptual, sino para resolver problemas de interés para quienes investigan (i.e. los estudiantes).

En ese sentido resulta pertinente mencionar tres principios acerca del rol del estudiante en su proceso de aprendizaje, descritos por Resnick (citado por Gil, 2012), los cuales se consideran valiosos en el diseño de secuencias de aprendizaje en el que se busca la construcción conceptual por parte de los estudiantes, particularmente, de circuito eléctrico de corriente continua y otros conceptos asociados a éste:

- Quienes aprenden construyen significados. No reproducen simplemente lo que leen o lo que se les enseña.
- Comprender algo supone establecer relaciones (...) Los fragmentos de información aislados son olvidados o resultan inaccesibles a la memoria.
- Todo aprendizaje depende de conocimientos previos.

Los conocimientos previos de los estudiantes y la forma como han de estar estructurados se ven reflejados en sus modos de hablar, e incluso de representar a través de gráficos o diagramas que complementen sus argumentaciones acerca de un particular fenómeno de estudio, en este caso, el funcionamiento de un circuito eléctrico y la justificación alrededor del cuestionamiento sobre ¿Cómo producir una corriente estable (continua)? Es necesario que el profesor sepa dar un tratamiento adecuado a dichas intervenciones por parte de los estudiantes. Por lo que en común acuerdo con Solomon (citado por Gil, 1992) “tras impulsar la expresión de un conjunto de opiniones particulares, el profesor no puede simplemente rechazar las que no se ajustan a la teoría vigente. De ese modo dejaría de ser posible un diálogo abierto”. Así que el reto del profesor ahora implica promover no solo un cambio conceptual, sino también un cambio

metodológico y actitudinal frente a la construcción del conocimiento bajo el modelo del aprendizaje como investigación, para dar tratamiento a situaciones problema (abiertas) que han sido previamente planeadas y diseñadas por el docente.

Gil (1992) afirma que esta estrategia de enseñanza/aprendizaje como investigación para el tratamiento de problemas, “contempla una participación efectiva de los alumnos en la construcción de los conocimientos y no la simple reconstrucción subjetiva de los conocimientos proporcionados por el profesor o los textos”

Sin embargo, él continúa diciendo, que no ignora los cuestionamientos que se pueden surgir de este modelo de enseñanza por parte de los investigadores o de los mismos docentes, por ejemplo: “¿Hasta qué punto no se trata de una propuesta utópica? ¿Tiene sentido –se suele preguntar– esperar que los alumnos puedan construir por sí solos todos los conocimientos que tanto tiempo y esfuerzos exigieron de los más relevantes científicos? ¿Cómo se concibe el trabajo en la clase? ¿Se trata de que los alumnos pasen la mayor parte del tiempo en el laboratorio (lo que supone olvidar las limitaciones del sistema educativo)? ¿Por qué no aceptar una pluralidad de enfoques, con momentos de investigación (de construcción de conocimientos) al lado de otros de recepción (a través de lecturas o de transmisión verbal)?”, por lo que plantea la necesidad de ser más precisos con la presentación de ese modelo de aprendizaje. Para ello plantea cuatro estrategias de enseñanza para un aprendizaje como investigación:

- ✓ **Plantear situaciones problemáticas que** –teniendo en cuenta las ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes de los alumnos y alumnas– **generen interés** y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
- ✓ Proponer a los estudiantes el **estudio cualitativo de las situaciones problemáticas** planteadas y la toma de decisiones, con la ayuda de las necesarias búsquedas bibliográficas, para acotar problemas precisos (oportunidad para que comiencen a explicitar funcionalmente sus ideas).
- ✓ **Orientar el tratamiento científico de los problemas** planteados, lo que conlleva, entre otros:
 - La invención de conceptos y emisión de hipótesis (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones).

- La elaboración de estrategias de resolución (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimiento de que se dispone.
- La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica.

Ello puede convertirse en **ocasión de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones** (tomadas todas ellas como hipótesis) y obligar a concebir nuevas hipótesis.

- ✓ **Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones** para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones ciencia/técnica/sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones) y dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene toda ciencia. Favorecer, en particular, las actividades de síntesis (esquemas, memorias, mapas conceptuales...), la elaboración de productos (susceptibles de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea) y la concepción de nuevos problemas.

Teniendo en cuenta las estrategias mencionadas anteriormente, se observa la viabilidad de la aplicación del modelo de enseñanza/aprendizaje alrededor de la construcción conceptual del circuito eléctrico de corriente continua y otros conceptos necesarios para la comprensión del funcionamiento de éste.

Retomando el cuestionamiento acerca de si los estudiantes son capaces de (re)construir los conceptos que han tomado tanto trabajo y tiempo a los científicos, Pozo (citado por Gil, 1992) señala: “es bien cierto que muchos de los conceptos centrales de la ciencia son bastante difíciles de descubrir para la mayor parte –si no para la totalidad– de los adolescentes e incluso de los adultos universitarios”. Sin embargo, tampoco se puede ignorar que cuando alguien se incorpora a un equipo de investigadores, puede alcanzar con relativa rapidez el nivel medio del resto del equipo. Y ello no mediante una transmisión verbal, sino abordando problemas en los que quienes actúan de directores/ formadores son expertos, Gil (1992).

Éste autor continúa diciendo: “La situación cambia, por supuesto, cuando se abordan problemas que son nuevos para todos. El avance, si lo hay, se hace entonces lento y sinuoso. La propuesta de organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos responde a

una investigación dirigida, en dominios perfectamente conocidos por el “director de investigaciones” (profesor) y en la que los resultados parciales, embrionarios, obtenidos por los alumnos, pueden ser reforzados, matizados o puestos en cuestión, con los obtenidos por los científicos que les han precedido. No se trata de “engañar” a los alumnos, de hacerles creer que los conocimientos se construyen con la aparente facilidad con que ellos los adquieren, (Hodson, citado por Gil, 1992), sino de colocarles en una situación por la que los científicos habitualmente pasan durante su formación, y durante la que podrán familiarizarse mínimamente con lo que es el trabajo científico y sus resultados, replicando para ello investigaciones ya realizadas por otros, abordando, en definitiva, problemas conocidos por quienes dirigen su trabajo.

Con el ánimo de ampliar un poco más el modelo que se adopta para esta investigación, en el diagrama 2.4 (ver pág. 49) se describirá algunas concepciones erróneas (según Gil, 1992) sobre el trabajo científico que pueden ser transmitidas, explícitamente o implícitamente, por la enseñanza de las ciencias.

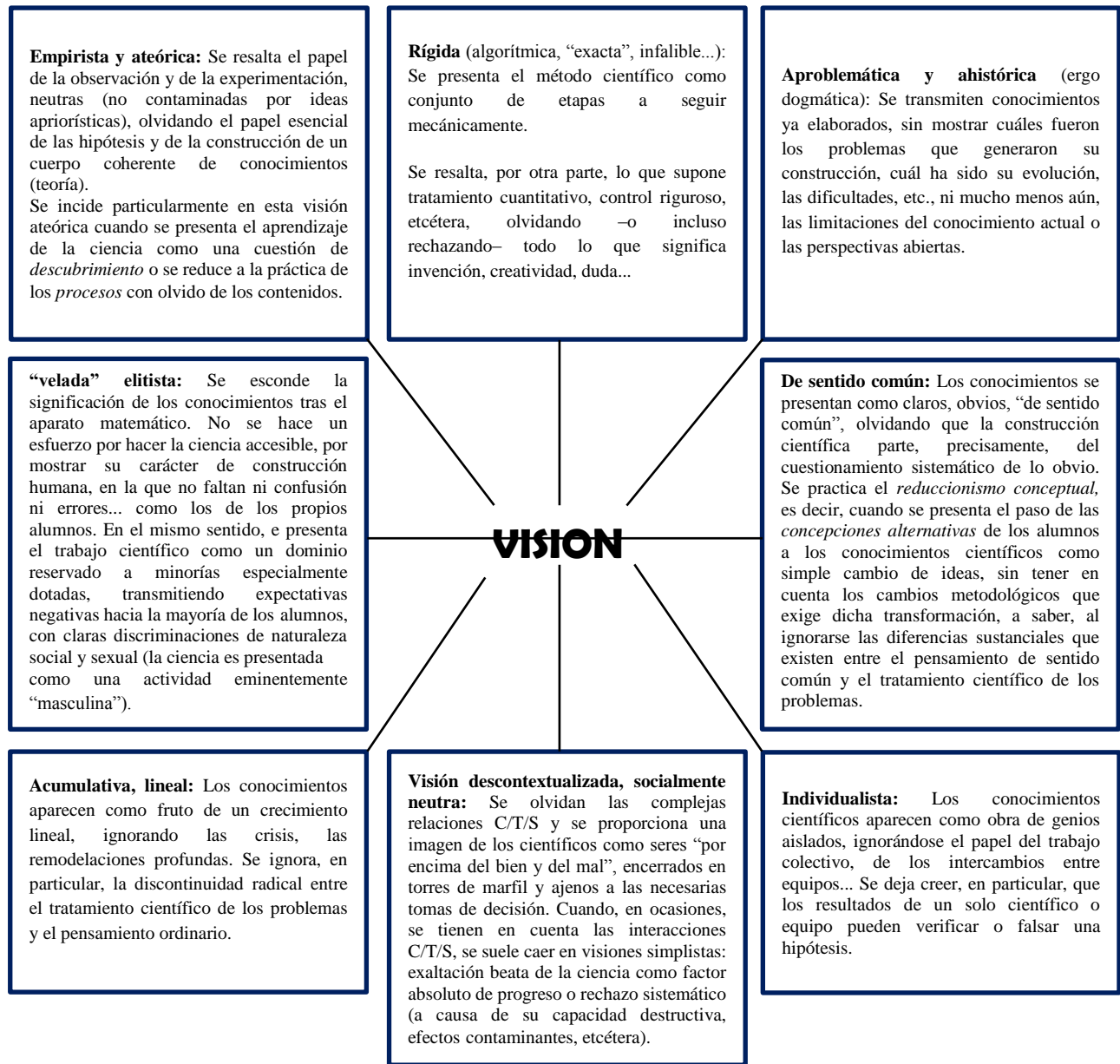


Diagrama 2.4 Concepciones erróneas sobre el trabajo científico que pueden ser transmitidas por la enseñanza de las ciencias.

Estas concepciones pueden ser adoptadas por el profesor de ciencias y de esta misma manera, transmitidas a sus estudiantes, lo cual puede “leerse” desde el método de enseñanza que él emplee. Por otra parte, estas visiones se encuentran muy ligadas a la forma en que el docente concibe la relación entre la teoría y experimento (ver numeral 2.3).

Teniendo presente lo anteriormente expuesto, se favorece el trabajo en equipo para el desarrollo de la implementación de la secuencia de aprendizaje donde se busca que los estudiantes todo el tiempo estén intercambiando ideas, y más que ello, validando su hipótesis. En primera instancia con los compañeros que conforman cada grupo, y en un segundo momento se hace una socialización en la que cada grupo expone y cuestiona las ideas propias y de los demás. Al respecto:

“El aprendizaje se lleva a cabo por primera vez en situaciones sociales como las discusiones y últimamente se convierte en internalizado en el plano individual”.

Vygotsky, citado por Kallunki, 2009.

En este orden de ideas, Kallunki (2009) plantea las siguientes ideas sobre el aprendizaje:

- ✓ El aprendizaje de los conocimientos científicos se lleva a cabo de lo social a lo personal.
- ✓ El proceso de aprendizaje incluye la construcción de sentido individual.
- ✓ El aprendizaje está mediado por los recursos semióticos como el lenguaje.
- ✓ El aprendizaje de la ciencia consiste en aprender el lenguaje social de la comunidad científica.

En ese sentido, en esta investigación se adopta la Enseñanza como Investigación Dirigida o también llamada Investigación Orientada por Furió & Guisasola (2001). Este modelo toma en cuenta al estudiante no solo como un receptor de información, como se mencionó anteriormente, sino como un individuo que investiga y participa de manera activa en la construcción de modelos conceptuales (ver numeral 2.2, pág.52) alrededor del funcionamiento de los circuitos eléctricos simples. Pero en esta investigación, no solo se habla de que el estudiante sea un agente activo en su proceso de aprendizaje, también lo debe ser el docente, puesto que en muchas ocasiones, su rol se reduce tan solo a ser un receptor y emisor de información impuesta en diversos libros de texto, actuando así de manera acrítica frente a los contenidos (productos de la ciencia) que enseña.

La investigación dirigida está basada en la resolución de problemas (Furió y Guisasola, 2001), por lo que se plantea el diseño de una secuencia de aprendizaje alrededor de la construcción conceptual del circuito eléctrico simple y otros conceptos asociados a éste, donde se plantea

como situación problemática, **¿cómo generar una corriente eléctrica continua?** De manera que las explicaciones construidas de lo percibido a través de los sentidos, se consideran indispensables para la secuencia de experimentos que buscan la organización y/o caracterización de algunos fenómenos eléctricos. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el aprendizaje no se logra dejando al estudiante investigar sólo, -sin más ni más- Evidentemente, el docente debe estar presente para que guíe el proceso, diseñe estrategias para acercar los nuevos conocimientos a lo que el estudiante ya conoce, y consecuentemente, debe dar un seguimiento constante al proceso de investigación, de manera que, si este no está funcionando o no va generando una explicación aceptable al problema, sea corregido y retomado (Pozo & Gómez, citados por Moya, Chávez y Castillo, 2011).

En ese sentido, Guidoni (1990) afirma que “debe darse paso a una reflexión continua y una investigación estimulada también por el material que surge del trabajo en clase, sobre los significados y los modos de organizarse el conocimiento científico”. Este actuar enriquece el quehacer del docente y las mismas prácticas de enseñanza–aprendizaje, pero es necesaria una base u organización teórica rigurosa por parte del docente, en la que su riqueza depende de un análisis histórico-crítico del fenómeno que se desee abordar, específicamente en el estudio del circuito eléctrico simple como un sistema físico no lineal.

Es por ello, que en esta investigación se comparte la postura de Guidoni (1990) en la que describe la enseñanza como un proceso de investigación, como explicitación y como desarrollo de estructuras de pensamiento ya existentes en los estudiantes, donde el profesor interviene para moderar y estimular las intervenciones de ellos, con el fin de favorecer la atención a estos modelos mentales organizados a partir de la experiencia del sujeto cognoscente.

Es así que en este proceso de construcción de conocimiento no se trata de una colonización del saber, como diría Boaventura de Sousa (2012), sino más bien de una democratización de éste, sin caer en el relativismo. Es decir, el conocimiento se puede estructurar desde los modelos mentales que poseen los estudiantes, por lo que “las prácticas que se implementen en el proceso de aprendizaje deben apuntar a desarrollar modos de pensamiento y verse la enseñanza como la reorganización continua de las experiencias y de las explicaciones en busca de estructuras coherentes del conocimiento, no quedándonos sólo en la reducción que se hace de la enseñanza

de las ciencias cuando se piensa solamente en cuáles y cuántos contenidos, productos de la ciencia, deben ser abordados en cada uno de los niveles” (Guidoni, 1990).

Por lo que el docente debe darse a la tarea de utilizar significativamente instrumentos cognitivos capaces de reorganizar los conocimientos ya existentes en los jóvenes y estimular significativos desarrollos de conocimientos a través de la adquisición de nuevas experiencias y nuevos modelos (Guidoni (1990). En esta investigación se denomina este proceso como la modificación y reestructuración en los modelos mentales construidos por los estudiantes a partir de su experiencia. (Ver numeral 2.2, pág. 52)

Finalmente, es pertinente recalcar que el docente es quien establece el rol del estudiante frente a su proceso de aprendizaje, ya sea como un actor pasivo (reproductor de información) o como un actor activo (quien investiga o construye desde su experiencia); y es el lenguaje, en ese sentido, quien permite hacer lectura de la manera como el estudiante enriquece su experiencia y reestructura sus modelos mentales y representaciones frente a su proceso de aprendizaje, en este caso, la construcción conceptual del circuito eléctrico simple como sistema físico.

2.2 De los modelos mentales de los estudiantes a los modelos conceptuales

Frecuentemente, entonces, mi padre me llevaba al bosque para aprender cosas sobre la naturaleza. Mis amigos también querían ir pero mi padre se negaba a llevarlos aduciendo que yo era más avanzado. No estoy tratando de decirles cómo enseñar, porque lo que mi padre hacía, lo hacía con un único alumno: si hubiese tenido una clase con más de uno seguramente no hubiese podido hacerlo. Así pues, en nuestras caminatas por el bosque íbamos solos, pero en razón del gran poder de convicción de las madres, los otros padres tuvieron que llevar a sus chicos al bosque y así fue como un domingo, todos fuimos a la caminata. Al día siguiente, lunes, cuando jugábamos un muchacho me dijo: "¿Sabes el nombre de ese pájaro que está sobre el trigo?". Yo le dije: "no tengo la más mínima idea"; entonces me respondió "es un tordo de garganta carmelita, no es mucha la ciencia que te enseña tu padre".

Reí para mis adentros, entendía que reconocer el nombre no es saber mucho del pájaro. Mi padre ya me había dicho: "Mira ese pájaro, es un tordo carmelita; en Alemania lo llaman halzenflugel y en China chung ling, y aun cuando sepas todos estos nombres no sabes nada del animal, sólo sabes algo sobre la gente que lo llama así". Hay una gran diferencia entre lo que son las cosas y su nombre.

Las palabras son importantes para comunicarnos y se deben enseñar, pero es muy importante saber cuándo estamos enseñando herramientas para la ciencia, como las palabras, y cuándo estamos enseñando ciencia.

Feynman Richard (2001)

En este trabajo se plantea la necesidad de establecer una diferencia clara entre lo que se sabe de las cosas y los nombres que se dan a ellas, por lo que se asume dos posturas ante la construcción conceptual del circuito eléctrico simple de corriente continua y conceptos asociados a éste.

Por un lado, el hecho de que un concepto no puede ser reducido a su definición, al menos si se está interesado en su aprendizaje y enseñanza. Es así como se plantea que a través de las situaciones y de los problemas que se pretenden resolver es como un concepto adquiere sentido para el niño (Vergnaud, 1990). Y por otro lado, se plantea la ventaja de conducir al estudiante a la ampliación y/o modificación en la formulación de sus modelos mentales a través del trabajo experimental, y que a su vez, éstos resulten funcionales ante la explicación del sistema (circuito eléctrico) o fenómeno de estudio, lo que posteriormente favorecerá el acercamiento a la construcción conceptual de los conceptos científicos validados por una comunidad científica (Moreira 2009).

Cabe resaltar que no se está haciendo referencia a la introducción de definiciones que resulten ajenas al estudiante, sino que ellos serán quienes se acerquen a la construcción conceptual de lo que se comprende como corriente eléctrica, diferencia de potencial, resistencia eléctrica, f.e.m. y posteriormente hacer uso de estos en la explicación del funcionamiento de lo que ellos pueden llegar a concebir como un circuito eléctrico simple como sistema físico en términos de relaciones de interacción.

Existen diversos modelos de enseñanza de las ciencias en pro de optimizar su aprendizaje; en la mayoría de ellos se resalta la importancia de que el estudiante abandone ese rol pasivo que ha adoptado (de manera voluntaria u obligado por las dinámicas dadas en el aula) y que es característico de la enseñanza tradicional. Sin embargo, las estrategias que se han planteado, difieren significativamente.

Dentro de esta propuesta se plantea como punto de partida la indagación de los niveles de comprensión (modelos mentales) de los estudiantes acerca del funcionamiento de un circuito eléctrico de corriente continua. A partir de los datos recopilados y la revisión de las secuencias de aprendizaje planteadas en algunos trabajos de investigación de conceptos estrechamente relacionados con el concepto de circuito eléctrico, se organiza una secuencia de experimentos

que contribuyan con la ampliación de la experiencia de los estudiantes y por ende la ampliación del lenguaje que ira surgiendo ante la necesidad de explicar lo percibido a través de sus sentidos.

Moreira (2002) plantea los modelos mentales como análogos estructurales de estados de cosas, eventos u objetos, del mundo. Estos modelos surgen de relaciones de causalidad, de identidad o de relaciones espaciales y/o temporales, por lo que todas las personas operan cognitivamente con modelos mentales. Entender un sistema físico o un fenómeno natural, por ejemplo, implica tener un modelo mental del sistema que le permite a la persona que lo construye explicarlo y hacer previsiones con respecto a él. Los modelos conceptuales, por otro lado, son modelos proyectados por científicos, ingenieros, profesores, para facilitar la comprensión y la enseñanza de sistemas físicos o de fenómenos naturales. Es decir, profesores y alumnos trabajan con modelos mentales, pero intentan enseñar y aprender modelos conceptuales. Los científicos, en general, diseñan modelos conceptuales, pero lo hacen a través de sus modelos mentales. Desafortunadamente, en la práctica, la relación entre modelos conceptuales y modelos mentales no es directa y simple, como se podría pensar, y eso tiene relevantes implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Físicas y Naturales, así como para la investigación en enseñanza y en aprendizaje de las ciencias.

Una de las limitaciones de estas representaciones de modelos conceptuales en la enseñanza del circuito eléctrico es que tales teorías científicas son estructuras representacionales también, pero que describen determinados estados de cosas en un mundo “ideal”, situación que en muchos casos no es percibida por lo estudiantes y tampoco es referenciada por los docentes. Por ejemplo cuando se describe la Ley de Ohm, $R = \frac{V}{I}$ no se suele especificar que se está haciendo referencia a un circuito ideal, en el cual se desprecia la resistencia interna del circuito y de los elementos que lo conforman; condición que es expresada en términos de Nahum Kipnis como: “este enunciado es aplicable solamente a una parte del circuito”. Esta situación se presenta debido a que no se tiene en cuenta el contexto y las condiciones bajo las cuales se llegó a esas estructuras conceptuales.

Por otro lado, estas representaciones y explicaciones que se presentan en relación a estas leyes en los libros de texto o a través de una clase magistral, resultan extrañas y ajenas a los estudiantes debido a que la organización de sus estructuras mentales en ese momento han sido alimentadas a

partir de la experiencia inmediatamente cotidiana por lo que se encuentra en el aula afirmaciones tales como: "...lo que hace que funcione el aparato es la electricidad que se consume o se gasta en él". Es decir, las pilas y los tomacorrientes son entendidos por los estudiantes como fuentes o almacenes de electricidad y por tanto resulta necesario transportar esa energía o electricidad hasta el aparato. La idea fundamental que subyace en la mayoría de las interpretaciones de los estudiantes es considerar la electricidad como una sustancia, que se almacena, se gasta y es necesario transportar de un sitio a otro (Pozo, 2004)

Desde esta perspectiva, nuestros alumnos no son pasivos recipientes de información sino activos constructores de su conocimiento, de tal manera que aprender Ciencias significativamente implica que sean capaces de recrear esas teorías en sistemas de representación internos de conceptos relacionados, y no como simples listas de hechos y fórmulas, que es lo habitual en los materiales curriculares y en las aulas de ciencias (Moreira, 2002)

Sin embargo, esta propuesta se distancia del trabajo expuesto por Greca y Moreira en el sentido que no busca recrear teorías, sino que a través de los experimentos planteados en las secuencias de aprendizaje, el estudiante ira enriqueciendo su experiencia y de esta forma sus estructuras mentales, acción que le conlleva a la construcción de los conceptos de corriente, diferencia de potencial, resistencia y f.e.m, los cuales son necesarios a la hora de explicar el funcionamiento de un circuito eléctrico simple como un sistema físico no lineal.

Desde la óptica de Moreira, entender cualquier fenómeno natural es saber su causa, poder describir sus consecuencias y predecir sus efectos, de forma que el estudiante pueda provocarlo, influenciarlo o evitarlo, o, por lo menos, explicarlo. Es decir, es tener un modelo mental de ese fenómeno, un modelo de trabajo en nuestras mentes que puede ser mentalmente manipulado, permitiéndonos hacer inferencias. Explicar y predecir acerca de los fenómenos naturales es comprenderlos y ello requiere la construcción de modelos mentales que actúen como análogos estructurales de los mismos, como intermediarios a la luz de los cuales adquieran significado los conceptos científicos y las relaciones que se establecen entre ellos para adquirir esa comprensión.

Es así como se plantea que en cada uno de los montajes experimentales diseñados para ser aplicados dentro de las secuencias de aprendizaje, se analice las formas cómo se da la comunicación en el aula a través de tres etapas propuestas por Klerer y Brown (1983) para

identificar los estadios de esos modelos mentales que han desarrollado los estudiantes en torno a la explicación del funcionamiento del circuito eléctrico simple:

- Analizar cómo representan el sistema (circuito eléctrico) los estudiantes, es decir, su topología y su estructura.
- Explorar la forma en que visualizan el posible funcionamiento del sistema, es decir, predecir el funcionamiento del circuito bajo su modelo mental.
- Comparar con la realidad los resultados imaginados en el modelo mental.

Al realizar este análisis es indispensable considerar que los modelos conceptuales son aquellos inventados, diseñados, por investigadores, ingenieros, arquitectos, profesores para facilitar la comprensión o enseñanza de sistemas físicos, o estados de cosas físicas, objetos o fenómenos físicos. Los modelos conceptuales de disciplinas como la Física (por ejemplo, un conjunto de fórmulas matemáticas y de leyes empíricas), la Química (por ejemplo, una serie de ecuaciones químicas y de estructuras geométricas) o la Biología (por ejemplo en la Genética, un conjunto de leyes probabilísticas), todos ellos tienen en común que son representaciones simplificadas e idealizadas de objetos, fenómenos o situaciones reales, pero son precisos, completos y consistentes con el conocimiento científicamente aceptado (Greca y Moreira, 1997a).

Mientras que los modelos mentales no suelen ser precisos, si es necesario que sean funcionales, o sea, deben permitirle al estudiante explicar y predecir, aunque no necesariamente en forma correcta desde el punto de vista científico. Estos se modifican constantemente al propiciar la interacción entre el estudiante y el sistema, en este caso el circuito eléctrico simple bajo diversas disposiciones. Los modelos mentales de un individuo son limitados por factores tales como su conocimiento y su experiencia previa con sistemas semejantes; es por ello que se plantea como alternativa de solución, la ampliación de la experiencia y como consecuencia la ampliación o modificación de los modelos mentales de los estudiantes a través del trabajo experimental.

2.3 El papel del Experimento en la construcción conceptual

Desde el punto de vista de Nersessian (citado en Greca & Moreira, 1998), los modelos mentales son como niveles de análisis intermedios entre el fenómeno y el modelo final resultante, que es un modelo conceptual (matemático, estructural, etc.). Adoptar esta perspectiva exige describir la forma como se está concibiendo el fenómeno y el experimento en esta investigación. Por lo que a continuación se presentan algunas posturas desde las que se aborda la noción de fenómeno y el papel del experimento en la construcción del conocimiento, además de resaltar la relación teoría-experimento que se puede discernir a partir de esta discusión.

La palabra "fenómeno" es entendido bajo diversas posturas (Hacking, 1996), a continuación se mencionan algunas de ellas:

- En Grecia el fenómeno denotaba una cosa, un suceso o un proceso que puede ser visto, y deriva del verbo que significa "aparecer".
- Un fenómeno es *notable*.
- Un fenómeno es *discernible*.
- Un fenómeno es, por lo general, un suceso o proceso de un cierto tipo que ocurre regularmente en circunstancias definidas.
- La palabra puede también denotar un suceso único al que le asignamos una importancia especial.
- Muchos de los antiguos sostuvieron que los fenómenos eran objetos cambiantes de los sentidos, en oposición a las esencias, la realidad permanente. Así, los fenómenos se contrastaban con la realidad.
- Van Fraassen (1941-) sostiene que los fenómenos son la única realidad.
- Los fenómenos son vistos como apariencias.
- Los fenómenos son vistos como una anomalía y no una regularidad conocida.
- Los fenómenos siempre han estado allí, esperando a ser descubiertos.
- Se diseñan, se construyen, por tanto, no hay que descubrirlos.
- Cuando sabemos la regularidad que exhibe un fenómeno, la expresamos en una generalización con forma de ley.

- Según J.S. Mill, desde su descripción del Fenomenalismo como doctrina que explica que las cosas son sólo posibilidades permanentes de sensaciones, y describiendo el mundo externo como una construcción a partir de datos de los sentidos presentes y posibles.

Con lo anteriormente descrito, notamos que el significado de fenómeno a lo largo de la historia se ha ido transformando, ha cambiado incluso de sentido. Por lo que el significado que se le atribuye al experimento depende del contexto cultural, de las creencias e ideologías del individuo, y de la visión de ciencia que se posee.

En Malagón, Sandoval y Ayala (2013), *se tiene acceso a un fenómeno de manera sensible y éste es dado por la naturaleza o construido intencionalmente. Podemos hablar de fenómeno cuando se presenta una relación descrita como “dependiente de estar ante una conciencia y a la vez la conciencia dependiente de una persona”*. Con ello los autores recalcan que el fenómeno puede ser descrito o analizado solamente a partir de lo que se puede “observar”, continúan diciendo: *“Ante un mismo evento, pueden surgir diversas explicaciones que están mediadas por la experiencia del sujeto, por tanto el fenómeno ya no sería el mismo”*.



Ante este planteamiento es necesario recordar a Hanson, cuando hace referencia a que la experiencia sensorial no es estable ni neutral, y por tanto se debe tener en cuenta el rol activo que toma el estudiante en su proceso de construcción conceptual. Ante tal situación, vale la pena preguntar: ¿Qué observa el estudiante detrás de un montaje experimental? o ¿qué observa detrás de una representación abstracta? ¿Puede acaso establecer nexos entre los montajes experimentales y sus representaciones abstractas de manera inmediata?

Por ejemplo, ante la observación de fenómenos eléctricos de atracción y de repulsión, Faraday veía un medio donde Coulomb o Ampere no veían más que distancia; Faraday veía la sede del fenómeno en las acciones *reales* que se daban en el medio mientras que Coulomb y Ampere, consideraban haberla encontrado en un poder de acción a distancia impreso en los fluidos eléctricos, Maxwell (citado por García, 2012)

En este trabajo no se pretende cuestionar la independencia o no del fenómeno respecto al sujeto, sino que se toma como referente los experimentos realizados de acuerdo a los contextos de los conceptos que desean abordarse, con el ánimo de modificar la estructura de los modelos mentales que ha desarrollado el estudiante alrededor del estudio de circuitos eléctricos simples; por lo que en este caso, el docente es quien construye el fenómeno para que el estudiante lo interprete, lo organice y lo dote de ciertas características.

Así que aquí se plantea el hecho de que los fenómenos pueden ser reproducidos; y no por eso, dejan de ser naturales. Para ello es indispensable que el docente tenga fines claros en el momento de su diseño, es decir, saber qué objetivos persigue, incluso saber “qué quiere mostrar”. En este proceder pueden surgir nuevas variables en torno al fenómeno estudiado o aparecer nuevas formas de interpretar un hecho que incluso el docente no hubiese notado, es allí donde la ciencia y su enseñanza no tienen sentido al ser abordadas como verdades definitivas, acabadas y absolutas.

La intención pedagógica de esta investigación, busca la construcción conceptual del circuito eléctrico centrando todo el interés en las actividades de experimentación y de formalización y la forma como surgen posibles relaciones entre estos dos procesos, más que en la “adquisición” de “productos científicos” tales como conceptos, leyes y/o teorías.

Para ello, se tiene a la base el experimento como herramienta generadora de conocimiento, bajo su funcionalidad de organizador de fenómenos según Hacking (1983), con el ánimo de enriquecer la experiencia de los estudiantes, y de esta manera propiciar la modificación de sus modelos mentales sobre el funcionamiento de los circuitos eléctricos de corriente continua.

“El experimento fue declarado oficialmente el camino real hacia el conocimiento, y los académicos fueron desdeñados porque argumentaban a partir de los libros en lugar de observar el mundo que los rodeaba”.

(Hacking, 1983)

Hacking en libro Representar e Intervenir (1983) resalta las diversas funciones que ha desempeñado el experimento en la historia de la ciencia, haciendo énfasis en que, “es en virtud de examinar la historia de la ciencia que ésta nos muestra que muchos experimentos realizados no tenían como finalidad la contrastación de teorías, sino la exploración de nuevos fenómenos.

Sin embargo, hablar de un trabajo experimental, nos obliga a pensar en lo que se concibe por “observación” además de pensar en una posible relación entre la teoría y el experimento.

En ese sentido, Kuhn (citado por González, 2013) afirma que “Lo que un hombre ve depende tanto de lo que mira como de lo que su experiencia visual y conceptual previa lo ha enseñado a ver”, postura que es compartida en esta investigación.

Respecto a la relación teoría-experimento, para el diseño e implementación de la secuencia de aprendizaje alrededor de la construcción conceptual del circuito eléctrico y otros asociados a éste, se comparte la postura de una relación cíclica entre la teoría y el experimento, en la que no se puede desligar una de la otra. Al respecto, Malagón et al. (2013) afirman: “La ciencia es filosofía y técnica, un híbrido de teorización y experimentación, que no podría sobrevivir sin la riqueza que le otorga la mestiza interacción entre ambas fases o dimensiones. En base a esta relación se hace posible la ruta adecuada bajo la cual se organiza intencionalmente el experimento, el conjunto de fenómenos a analizar”.

En virtud de esa relación cíclica entre teoría experimento, se hace una adaptación de cuatro aspectos fundamentales del experimento señalados por Hacking (1983), para la estructuración e implementación de la secuencia de aprendizaje en torno a la construcción conceptual del circuito eléctrico simple, carga, diferencia de potencial, resistencia eléctrica y corriente eléctrica.

- ✓ *El experimento posee una vida propia ya que **no tiene como única función la contrastación de teorías científicas** (Cf. Mayo, 1996, p. 61).* En las ciencias empíricas el experimento desempeña múltiples funciones, y, por tanto, no puede concebirse como un mero subsidiario de las teorías científicas. Es decir, no se puede subordinar sólo a la función de testeo de una teoría.
- ✓ Para Hanson observar es necesariamente interpretar a la luz de las teorías aceptadas. En esta investigación se habla de observación mediada por los modelos mentales desarrollados por los estudiantes, y eso sucede en virtud de la experiencia que ellos poseen. Es allí donde se hace pertinente identificar las estructuras iniciales en los modelos mentales que poseen los estudiantes y así analizar la forma en que éstas se van

modificando y reorganizando, en virtud de los experimentos que han sido previa e intencionalmente diseñados en cada una de las etapas de la secuencia de aprendizaje con el propósito de explicar el circuito como un sistema físico en el que se dan ciertas relaciones de interacción.

- ✓ En cuanto a la afirmación: *“en todo experimento hay un conjunto de presupuestos teóricos, los cuales permiten realizar un diseño experimental adecuado frente a unos propósitos planteados en una investigación”*, en esta propuesta se toma como punto de referencia no los presupuestos teóricos en sí, sino el contexto bajo el cual se desarrollaron esos conceptos, por ejemplo el de carga, corriente eléctrica, diferencia de potencial, resistencia, f.e.m y circuito eléctrico simple. Los cuales brindan herramientas al docente para la estructuración de la secuencia de aprendizaje.
- ✓ Otro aspecto relevante planteado por Hacking es la interpretación que se le puede dar a los resultados arrojados por los instrumentos, y esto dependiendo del experimento a considerar, el afirma: *“Se requiere una atribución de significado a los instrumentos”* en cuanto a su uso y en cuanto a los resultados que arroja. Por ejemplo, el movimiento de la aguja en el voltímetro nos permite afirmar que hemos detectado una diferencia de potencial; pero en ese sentido, ¿Qué significado atribuye el estudiante a esta indicación mediada por el instrumento?

Al respecto, Moreira (2002) afirma que tomar datos y graficarlos puede resultar una actividad sin significado físico para el estudiante, como si estuviera frente a la resolución de algoritmos sin ningún significado para él.

Lo mismo sucede si se queda el experimento en la sola descripción, por ejemplo: afirmaciones como “el multímetro indica que la corriente aumentó”, “si se cambia la resistencia en el circuito, el bombillo alumbra más”. Estas representaciones proposicionales no indican que se le haya dado significado al experimento, es más, no se logra identificar ningún modelo mental del estudiante. En este caso, se está quedando sólo en una leve descripción de la percepción.

Cabe resaltar que la experiencia no es concebida como una situación de momento en el aula, sino más bien la organización que hace el sujeto de diversas representaciones que ha “observado”

alrededor de un fenómeno y que a su vez amplían sus modelos mentales respecto al fenómeno de estudio. Y es en ese sentido, que en el diseño de la secuencia, se retoman algunos experimentos realizados por Benjamín Franklin, Gray, Du Fay y Maxwell, entre otros, sobre la caracterización del comportamiento eléctrico de la materia y algunos de los experimentos realizados por Volta, como la pila voltaica y la corona de tazas, para ser recreados en el aula; no con el fin de verificar o corroborar una ley, sino con el ánimo de que el estudiante amplíe su experiencia, y de este modo sus modelos mentales, logrando así explorar nuevos fenómenos que lo conlleven a la construcción conceptual del circuito eléctrico simple y otros conceptos asociados a éste.

Qué debería privilegiarse en la estructuración de secuencias de aprendizaje para la construcción conceptual del circuito eléctrico ¿Teoría o Experimento?

En la actividad científica como tal, el experimento es pensado bajo un contexto que depende del experimentador; por lo que en su enseñanza, el experimento también debe ser pensado y mediado por unas intenciones pedagógicas claras. Es así como en esta propuesta, el experimento es concebido como una herramienta generadora de conocimiento alrededor de la construcción conceptual del circuito eléctrico simple y conceptos estrechamente relacionados con éste, por lo que la secuencia de aprendizaje apunta a unos objetivos e intenciones específicas, que han sido enriquecidas a través de la revisión histórica de los contextos conceptuales de fenómenos eléctricos.

Acerca de las funciones del experimento, Hacking (1983), afirma: *“una de las funciones del experimento es la creación de fenómenos, puesto que todos no están dados en la naturaleza, o más bien, no están puestos a la mano del ser humano de inmediato”*. Por esta razón, se hace necesaria dicha construcción, dentro del contexto escolar; específicamente, al introducir a los estudiantes al estudio del circuito eléctrico. En ese mismo sentido, cita a Bacon (1561-1626), diciendo que él nos enseña que *“...no sólo deberíamos observar la naturaleza en vivo, sino que también deberíamos "torcerle la cola al león" esto es, manipular nuestro mundo para aprender sus secretos”*

Por lo que dentro del diseño e implementación de las secuencias de aprendizaje, el experimento alrededor del funcionamiento de un circuito eléctrico puede propiciar dos eventos, como lo mencionaba Hacking:

- Crear sus efectos (hay una intención mediada por la experiencia de quien lo construye; incluso teorías)
- Descubrir (observar algo que directamente no se esperaba)

Es así que se plantea la necesidad de reflexionar sobre el papel que se le ha dado al experimento en la escuela; en este trabajo se plantea que debe ir más allá de generar “motivación” en los estudiantes o corroborar teorías, como se mencionó en el apartado anterior. En esta investigación se presenta el experimento como aquel que posibilita la creación de fenómenos, los cuales han sido previamente organizados por el docente –sin convertirse en una camisa de fuerza- y favorece la actividad del “pensar” del ser humano⁶. De esta manera se ataca la posición de confort frente a la enseñanza de los fenómenos eléctricos, específicamente en el estudio de los circuitos eléctricos y su construcción conceptual, ya que este proceso de aprendizaje se ha convertido en algo tan rutinario, donde los estudiantes sólo quieren asistir a sus instituciones a “recibir” lo que el profesor quiere transmitirles; donde entre más se repita al pie de la letra tal información, los estudiantes son etiquetados como los “más inteligentes”.

Este actuar del docente, señala un cierto privilegio de la teoría sobre el experimento, incluso al “usar” el experimento como un corroborador de la misma, en la medida que el docente adopta un rol de transmisor de teorías, las cuales difícilmente llegan a ser comprendidas por los estudiantes. Respecto a esta postura, Ferreiros y Ordoñez (2012) resaltan que el Teoreticismo es una tendencia que se vio fortalecida por los físicos del siglo XIX privilegiando los aspectos teóricos del conocimiento por encima de la actividad empírica. “...*Fue un enfoque promovido por científicos como Mach, Boltzman o Einstein, algunos de ellos grandes experimentadores, pero que hurtaron cualquier discusión sobre las peculiaridades metodológicas y epistemológicas de la actividad experimental*”⁷. Por lo que se considera que en el aula los docentes de Ciencias Naturales continúan promoviendo ese tipo de actuaciones frente al proceso enseñanza-aprendizaje alrededor del estudio de fenómenos eléctricos, específicamente al abordar el estudio

⁶ Ello se ve reflejado en las formas de hablar y de hacer del ser humano.

⁷ Tomado de: *CRÍTICA, Revista Hispanoamericana de Filosofía*. Vol. 34, No. 102 (diciembre 2002): 47–86.

de los circuitos eléctricos, cuando se privilegia todo conocimiento teórico dejando de lado las explicaciones que pueden ser construidas a partir de la experiencia sensible de los estudiantes, las cuales son características de la actividad experimental, y que resultan elementos importantes frente a la construcción de nuevos conceptos.

Una situación característica de concebir el experimento como subsidiario de la teoría es la forma como se suele presentar a los estudiantes la electrificación de los cuerpos, partiendo de unos supuestos teóricos en los que se expone la “existencia” de dos tipos de electricidad, una negativa y otra positiva y que al interactuar entre si se observa fenómenos de atracción y de repulsión, los cuales son demostrados a partir del experimento.

García (2012) hace una crítica a la forma como suele estructurarse el estudio de los fenómenos eléctricos en los libros de texto en relación al rol que se le atribuye al experimento en ese proceso de construcción del conocimiento, por lo que afirma *“Llama la atención el contraste de este tipo de trabajo, el de Gilbert, con la forma como se introducen los fenómenos electrostáticos en los libros de texto, que pone de relieve las intenciones diferentes que están en la base de estas dos formas de presentación: en una, la de Gilbert, hay una presentación de los avances en la exploración del fenómeno eléctrico (ver numeral 2.1.1.1); y en la otra, la de los textos, la exposición de elementos teóricos. En los libros de texto no se asume el comportamiento eléctrico de los materiales como un aspecto a ser analizado: no solo no es contemplado, sino que la forma de presentación del tema hace que esta no sea pertinente y menos aún relevante”*.

Es así como se considera que el experimento es importante no sólo para la comprensión o corroboración de teorías, sino porque favorece la actividad del “pensar”, de construir discurso a partir de la experiencia del estudiante y por ende de la ampliación y modificación de sus modelos mentales a través del trabajo secuencial experimental.

Ferreiros y Ordoñez (2012) resaltan a Hacking cuando dijo que *“la filosofía debía empezar a reflexionar sobre lo que comenzó allá por el siglo XVII. La aventura que entonces se inició, y que puso por base la experimentación...”*. Este llamado de atención es un grito que se logra percibir en el escenario escolar, el cual es pertinente atender por lo menos cuando sea posible, con el fin de no reducir el proceso de construcción de conocimiento a un proceso memorístico, en el que los estudiantes puedan establecer nexos significativos entre su actividad experimental

consciente y el análisis de lo que se desea expresar por medio del lenguaje formal matemático, actividad en la que el estudiante más allá de corroborar o falsear un supuesto pueda ejercer la práctica del pensar y cuestionar sobre el por qué y el cómo de lo que sucede en un fenómeno⁸.

Debido a ello, es necesaria la reflexión mencionada por Ferreiros y Ordoñez (2012) en torno a la posición que se le ha venido otorgando al experimento, iniciando como algo sublime o por lo menos de suma importancia y pasando finalmente al “cuarto de san alejo”, ignorando de esta forma la importancia de éste dentro de la misma historia y filosofía de las ciencias, y por ende en su enseñanza. En palabras de estos autores *“Desde nuestro punto de vista, el haberlos ignorado (la experimentación) ha tenido un profundo efecto en la filosofía de la ciencia, solidario de la negativa influencia del teoreticismo. Y es que, al menos en el caso de la física, los experimentos cualitativos han sido una parte fundamental de los procesos de formación de conceptos”*

Retomando la importancia del experimento frente a la elaboración de nuevos conceptos, en este caso los relacionados con el estudio de los circuitos eléctricos simples, resulta importante destacar la distinción respecto a la experimentación guiada y a la experimentación exploratoria, las cuales toman un papel característico en cada una de las etapas del desarrollo de esta investigación.

El experimento guiado (etapa de diseño de la propuesta) enmarca la ruta y organización de los fenómenos a estudiar, pero no solo como una actividad en virtud de elaboraciones teóricas previas, sino también en virtud de los contextos conceptuales que desean abordarse, los cuales han sido rescatados de algunos estudios históricos; por ejemplo los contextos bajo los cuales se fueron desarrollando conceptos tales como el de corriente eléctrica, resistencia eléctrica, diferencia de potencial y carga eléctrica. Dichos referentes orientan el camino de construcción conceptual en virtud del experimento como herramienta generadora de conocimiento en el aula.

Frente a ello, la experimentación guiada también emplea diseños experimentales cuidadosamente previstos en función de las teorías relevantes; como ejemplo se puede mencionar el experimento de Oersted el cual tiende a presentarse de manera errada como un experimento dado al azar, lo

⁸ Entendido como un suceso o proceso reproducible, sin embargo, ello no quiere decir que deje de ser un fenómeno natural.

cual no es correcto, puesto que él ya tenía unas intenciones claras sujetas a teorías ya elaboradas en el momento.

En cuanto al experimento exploratorio, éste se encuentra principalmente en las primeras fases de desarrollo de una ciencia, siendo lejanas de conceptos y teorías ya diseñadas, independientes de la teoría, afirman Ferreiros y Ordoñez (2012). En el proceso de construcción de conocimiento de los estudiantes es necesaria la ampliación de la experiencia de los estudiantes debido a la confusión entre términos empleados al tratar de explicar el funcionamiento de un circuito eléctrico bajo diversas disposiciones, confusiones que ya han sido mencionadas anteriormente, por lo que el experimento pasa a una etapa de experimento guiado (diseño de secuencias - docente) a experimento exploratorio (implementación -estudiantes).

Cabe resaltar que a lo largo de la historia del desarrollo de las ciencias, también se han presentado actividades científicas que han evidenciado la vinculación entre los dos tipos de experimentación nombrados anteriormente. Postura compartida en esta propuesta ya que se considera primordial frente a toda práctica docente, el abordar un fenómeno desde la experiencia sensible, en la medida que sea posible, pues ello favorece el proceso de construcción de conocimiento, pero sin olvidar todo el contexto histórico que le rodea para enriquecer aún más toda intervención que se pueda dar en el aula.

En ese orden de ideas, Pickering (citado por Ferreiros y Ordoñez 2002) hace una distinción de tres elementos dentro de la actividad experimental, en la cual se logra percibir algunos nexos entre estos dos tipos de experimento (guiado y exploratorio).

Los elementos que él subraya son:

- El procedimiento material: entendido como una técnica ejercida en la producción de resultados experimentales.
- El modelo instrumental: éste a pesar de seguir siendo técnico, se diferencia del anterior en la medida que se presenta una comprensión conceptual del funcionamiento del “artefacto” o aparato (lectura del manual).
- El modelo fenoménico: aquí se da paso a la interpretación de toda esa serie de fenómenos organizados y prediseñados, los cuales pueden ser pensados desde la dependencia o no de una teoría.

Para ejemplificar el párrafo anterior, se describe el experimento alrededor del funcionamiento de un circuito eléctrico:

- **Procedimiento material:** Unión de los elementos (batería, cables y bombilla) a partir de las instrucciones del docente o supuestos basados de la experiencia cotidiana.
- **Modelo instrumental:** Interpretación del procedimiento material, es decir, supuestos que surgen a partir de la experiencia cotidiana o escolar en cuanto al brillo de la bombilla debido a variaciones que se puedan presentar al cambiar o agregar un elemento al circuito.
- **Modelo fenoménico:** Comprensión de los modelos que han surgido de conceptos tales como el de corriente eléctrica, diferencia de potencial, f.e.m, entre otros, los cuales son necesarios para la explicación del funcionamiento de un circuito eléctrico simple.

Sin embargo, es de resaltar que el privilegio que se ha dado a modelos experimentales o a modelos teoreticistas en función del desarrollo de las ciencias, están sujetos a situaciones contextuales tanto de tiempo como de lugares o espacios e incluso dependientes del fenómeno de estudio. En términos de Ferreiros y Ordoñez (2002), en la actividad científica la fiabilidad de los resultados depende de épocas. En el desarrollo de esta investigación, alrededor de la construcción conceptual del circuito eléctrico a la base del experimento como herramienta generadora de conocimiento, a través de un estudio histórico es posible darse cuenta que inicialmente se ha enfatizado más en cuanto a los resultados experimentales, y posteriormente se realizó procesos de cuantificación y formalización a través del lenguaje matemático.

A continuación se describe la estructuración del diseño de la secuencia de aprendizaje en pro de posibilitar la construcción del concepto de circuito eléctrico simple bajo la ampliación de la experiencia a través de la actividad experimental; en la que el experimento tiene como función la organización de los fenómenos eléctricos según Hacking (1983), y favorecer así la construcción de conocimiento alrededor de estos fenómenos, lo que se verá reflejado en la transformación del lenguaje de los estudiantes, (es decir, la modificación de sus modelos mentales).

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presentan los referentes metodológicos que han sido considerados tanto para el diseño de la secuencia de aprendizaje como para el análisis de los resultados derivados de su implementación. Inicialmente se describe cada una de las etapas señalando su estructura general, las guías diseñadas para su implementación y las particularidades y propósitos de la implementación misma. Finalmente se presenta el enfoque fenomenográfico y algunos aspectos del modelo de Toulmin como perspectivas para la investigación del aprendizaje y la enseñanza de los contenidos conceptuales y procedimentales alrededor del circuito eléctrico simple.

Respecto a la secuencia de aprendizaje, ésta se caracteriza por privilegiar un par de conceptos claves alrededor de la noción de circuito eléctrico, pero su propósito no es que los estudiantes se aprendan sus definiciones de memoria sino que, en cada etapa, tengan el tiempo y los elementos necesarios para construirlos y comprenderlos. Para ello, la secuencia apunta a la adquisición de conocimientos a través del fortalecimiento de actitudes (valores – normas) y habilidades (argumentativas y propositivas), no solo en contextos cercanos a los estudiantes, sino a través del análisis de fenómenos recreados en el aula, en el que deberán hacer uso creativo y flexible de sus saberes (modelos mentales), aportando así, de manera activa, a la construcción de su conocimiento.

Los contenidos conceptuales que se desarrollan en cada una de las etapas de la secuencia de esta investigación, constituyen un conjunto de saberes que, a su vez, han implicado a lo largo de la historia de las ciencias unas diversas formas de interpretar los fenómenos eléctricos (de manera no lineal como suele presentarse en los libros de texto), lo cual es necesario considerar para su enseñanza. Es decir, en esta investigación se rescata que el desarrollo cognitivo de los seres humanos no se produce en el vacío, sino que tiene lugar en el contexto socio-cultural donde se desenvuelven, por lo que resulta conveniente en este proceso de aprendizaje no solo analizar la evolución de esos contenidos conceptuales en los estudiantes, sino también los contenidos procedimentales y actitudinales que pueden surgir en el estudio del circuito eléctrico simple como un sistema físico.

En el siguiente diagrama se describe una posible forma de organizar algunos de los contenidos conceptuales que pueden surgir en los modelos explicativos de los estudiantes durante el transcurso de la secuencia de aprendizaje, de los que se busca un mayor nivel de comprensión, dejando de ser así mera información.

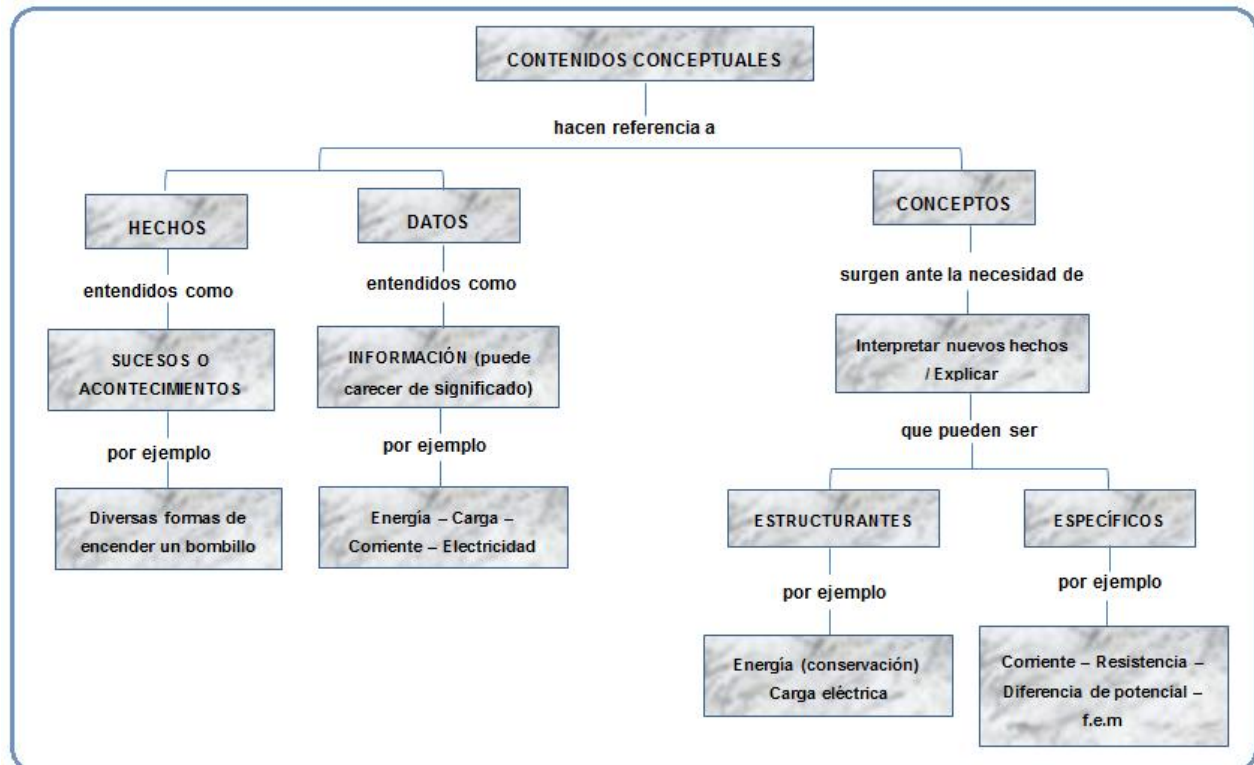


Diagrama 3.1 Contenidos conceptuales introducidos por los estudiantes dentro de sus modelos explicativos alrededor del funcionamiento de un circuito eléctrico simple

En esta investigación se ha venido resaltando que, en los modelos explicativos de los estudiantes se suele referenciar términos como energía, electricidad, carga, corriente, entre otros, pero que en muchas de esas ocasiones se expresan como sinónimos para explicar lo percibido a través de sus sentidos (vista, oído, tacto, gusto, e incluso olfato). Es por ello, que el propósito de esta secuencia es estudiar los circuitos eléctricos de corriente continua a partir de la organización de algunos fenómenos eléctricos (organización y estructuración de los experimentos), en pro de que los estudiantes puedan comprender qué es un circuito, qué partes lo conforman, qué relaciones de interacción se presentan entre sus “partes” y la forma como se ve afectado todo el circuito al modificar una de ellas.

3.1 Estructura de la secuencia

Una vez se ha realizado una indagación sobre las dificultades que presentan los estudiantes ante la comprensión del funcionamiento de un circuito eléctrico simple (que no es tan simple), y se ha hecho una revisión histórica sobre los contextos en que surge este concepto, y otros relacionados con éste, se han fijado los objetivos de aprendizaje, y en función de éstos, se ha desarrollado los indicadores de aprendizaje (contenidos específicos) que los estudiantes deben conocer y que a su vez fueron los que permitieron estructurar las etapas de la secuencia de aprendizaje.

Así que las actividades diseñadas en cada una de las etapas de la secuencia están estructuradas a partir de tres preguntas centrales, la primera alrededor del comportamiento eléctrico de la materia, **¿por qué se atraen o repelen los cuerpos después de ciertas acciones sobre ellos?**; la segunda pregunta gira alrededor de la noción que poseen los estudiantes de la estructuración de un circuito eléctrico simple, **¿Qué necesitamos para lograr encender un bombillo?**, a lo que se espera previamente, respuestas como por ejemplo, “...necesitamos un bombillo, una fuente (pila) y cables...”. Esta afirmación será confrontada posteriormente a partir de una situación problemática: el “destello” de una lámpara fluorescente al acercar uno de sus bornes a un cuerpo que ha sido previamente frotado con algún material. Esta situación problema establece un puente entre los fenómenos electrostáticos (previos a esta sesión) y los fenómenos electrocinéticos (posteriores a esta sesión) que son abordados en cada una de las etapas de la secuencia. Posteriormente se construye la pila voltaica y la corona de tasas de Volta con el fin de indagar acerca de los fenómenos que allí se presentan; en estas sesiones se pretende que los modelos explicativos de los estudiantes retomen elementos de las sesiones anteriores, y que puedan identificar otra forma de electrificar los cuerpos, electrificación por conducción.

Por último, se aborda el interrogante: **Al cambiar un elemento del circuito ¿cómo se ve afectado éste?** En esta sesión se busca que los estudiantes identifiquen los elementos (y las variables físicas) de un circuito y la función de cada uno de ellos, sin dejar de lado el análisis de la relaciones de interacción que se dan entre éstos.

Es oportuno destacar que algunos de los experimentos de fenómenos electrostáticos propuestos en la secuencia, han sido retomados del Seminario de Organización de los Fenómenos Físicos⁹ en el que se hizo una organización de la experiencia con el fin de caracterizar el comportamiento eléctrico de la materia.

En este orden de ideas, la modificación que va surgiendo en los modelos mentales de los estudiantes se va discerniendo (no en su totalidad) en cada una de las etapas de la secuencia, sin embargo, se plantea una actividad de cierre en la que ellos estructuran su noción de circuito eléctrico, en lo que se espera que retomen elementos de cada una de las etapas de la secuencia de aprendizaje.

La importancia de que los estudiantes establezcan nexos entre los fenómenos electrostáticos y electrocinéticos, radica en la necesidad de comprender los conceptos de corriente eléctrica, resistencia eléctrica y diferencia de potencial, ya que éstos constituyen una red conceptual necesaria para la explicación del funcionamiento de un circuito eléctrico simple. En efecto, para lograr tal comprensión ha de tenerse en cuenta desde la revisión histórica que se realizó, que unos de estos conceptos surgen en el contexto del modelo electrostático (por ejemplo el de carga eléctrica, diferencia de potencial o resistencia) y otros, como el de corriente y f.e.m surgen ante esa imposibilidad de explicar nuevos eventos desde este modelo, como por ejemplo los efectos percibidos en la pila de Volta, lo que conllevó al surgimiento de un nuevo modelo explicativo, el electrocinético.

La forma como se estructuró la secuencia de aprendizaje alrededor de la noción de circuito eléctrico simple, busca que los estudiantes puedan identificar “la línea de separación” entre estos dos modelos, en el momento de querer explicar distintos fenómenos eléctricos; por ejemplo, una descarga eléctrica o un “flujo eléctrico” continuo. Es preciso subrayar que dentro de este proceso de aprendizaje, los estudiantes realizan pruebas que van desde la identificación hasta la caracterización de los elementos que conforman un circuito eléctrico simple (bombillo, pila, cables conductores, etc.), en donde se espera que las explicaciones construidas por parte de ellos, retomen elementos de cada una de las etapas anteriores. Para ello, se formula cuatro preguntas problémicas que serán abordadas durante el desarrollo de la secuencia (ver tabla 3.1, pág. 76)

⁹ Seminario dirigido por los profesores Garzón Isabel y Ramírez Jimmy de la Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física.

Tabla 3.1 Secuencia de problemas para el diseño de la secuencia de aprendizaje alrededor de la construcción conceptual del circuito eléctrico simple.

SECUENCIA DE PROBLEMAS	LO QUE SE ESPERA EN EL DESARROLLO DE LOS MODELOS MENTALES DE LOS ESTUDIANTES	ACTIVIDADES QUE APORTAN AL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO
¿Cómo se cuantifica la cantidad de electrificación que adquieren los cuerpos al frotarlos? por ejemplo.	Que logren asociar el concepto de carga eléctrica a la medida de la cantidad de electrificación que adquieren los cuerpos (de su estado eléctrico).	Actividades que corresponden al desarrollo de la secuencia de aprendizaje en la etapa N° 1.
¿Cómo explicar los procesos de carga de los cuerpos teniendo en cuenta condiciones de (des)equilibrio en el sistema cuerpos-medio?	Que logren asociar el concepto de diferencia de potencial a los procesos de carga (electrificación) de los cuerpos (desde el contexto electrostático).	Actividades que corresponden al desarrollo de la secuencia de aprendizaje en la etapa N° 1.
Debido a que el modelo de corriente eléctrica que es más referenciado por los estudiantes es el movimiento o flujo de cargas, se plantean los interrogantes: ¿Por qué se desplazan las cargas eléctricas en un cable conductor? ¿Cómo se puede mantener un flujo continuo de cargas?	Que contemplen en sus modelos explicativos el papel de las cargas en un circuito con pilas, de manera tal que se conciba la pila como elemento que mantiene la diferencia de potencial para lograr la producción de una corriente continua.	Actividades que corresponden al desarrollo de la secuencia de aprendizaje en las etapas N° 2 y 3.
¿Cómo se cuantifica la energía que se transfiere o transforma en las distintas partes del circuito?	Que amplíen sus modelos explicativos para todo el circuito. De manera que se estudie de forma cualitativa las relaciones energéticas en la pila y entre la pila y el resto de los elementos del circuito.	Actividades que corresponden al desarrollo de la secuencia de aprendizaje en las etapas N° 2 y 3.

Contenidos de la secuencia

La unidad didáctica diseñada a partir de la estructura de la secuencia de aprendizaje para esta investigación se titula “CONSTRUYAMOS JUNTOS”, reconociendo el rol activo que debe adquirir el estudiante en su proceso de aprendizaje y que los modelos mentales que él ha entretejido a partir de su interacción con el contexto socio-cultural en el que se encuentra inmerso son de suma importancia en la construcción conceptual del circuito eléctrico. Estos modelos que posee el estudiante son expuestos en el momento de tratar de dar explicación a los fenómenos que se recrean en el aula; el objetivo de dicha recreación es la modificación de esas concepciones erróneas que suelen presentar los estudiantes alrededor de la explicación del funcionamiento de los circuitos eléctricos, evidenciado así, que el experimento como organizador de fenómenos, a la vez se constituye en herramienta generadora de conocimiento.

A continuación se describe cada una de las etapas de la secuencia de aprendizaje, en la que se expone los contenidos conceptuales que son abordados, los tiempos establecidos para cada sesión y los objetivos de cada etapa. Seguido de ello se ilustra la actividad a desarrollar en cada sesión, las cuales estructuran la unidad didáctica que se diseñó.

3.1.1 Etapa 1. Caracterización del comportamiento eléctrico de la materia

En la semana 1 (ver diagrama 3.2), que se corresponde con la primer etapa de la secuencia titulada: **¡...¿Me gustas?... Me atraes...!** se plantea como punto de partida, el interrogante **¿Por qué se atraen o repelen los cuerpos después de ciertas acciones sobre ellos?** El objetivo de estas sesiones (1A, 1B y 2), es observar, analizar y caracterizar el comportamiento de diferentes materiales al ser frotados e interactuar con otros cuerpos, además de indagar sobre los instrumentos empleados en cada sesión, que de alguna forma logran hacer una “extensión” de nuestros sentidos.

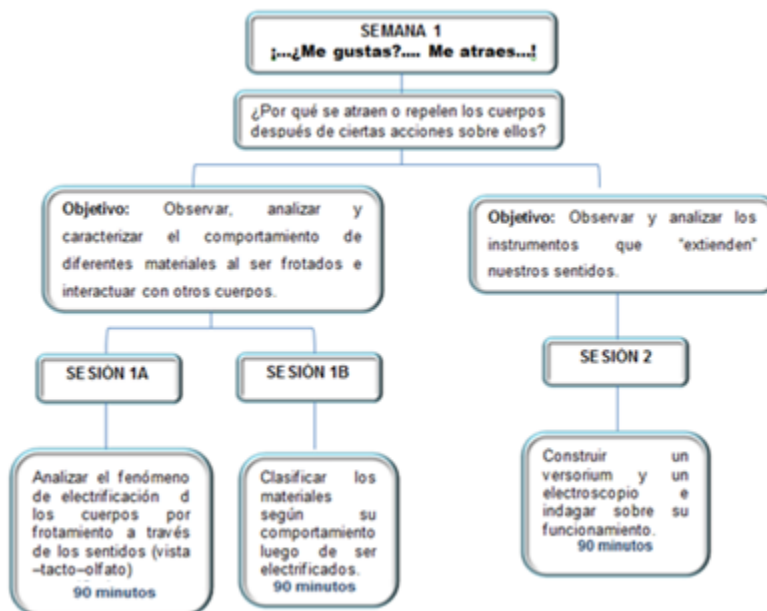


Diagrama 3.2 Objetivos de las actividades de la etapa 1

La serie de experimentos propuestos para la semana 1, buscan que el estudiante identifique el comportamiento eléctrico de la materia y reflexione alrededor de la noción que posee de carga eléctrica. En este proceso, se hace necesario por parte del docente, indagar acerca del modelo mental que el estudiante posee sobre la noción de carga eléctrica, estado de electrificación de los cuerpos, estado neutro (eléctricamente hablando) de la materia, equilibrio o desequilibrio electrostático, incluso del mismo término electrostático.

El diseño de los experimentos que se desarrollan en el aula sobre la electrificación de los cuerpos, se organizó de manera tal que los estudiantes observen que bajo una acción ejercida sobre un cuerpo (inicialmente frotación) se producen algunas modificaciones en él, que no son observables a simple vista sino que son los efectos (inicialmente atracciones) los que hablan de algún tipo de variación en los cuerpos electrificados. Es de resaltar, que aquí el experimento no busca corroborar que cargas iguales se repelen y cargas distintas se atraen, sino que se busca que el estudiante llegue a comprender la doble naturaleza eléctrica de la materia y pueda establecer conclusiones al analizar cómo afecta el medio al conducir esos tipos de electricidad, bien sea por influencia (inducción) o por conducción, como se mencionó en el capítulo 2 acerca del trabajo experimental realizado por Du Fay en el que concluye que de acuerdo a la manera como se comunique esa electricidad se pueden observar atracciones o repulsiones entre los cuerpos.

Por esta razón, también se direcciona al estudiante en el trabajo de la primera semana a la noción de electrificación de los cuerpos por inducción, aspecto en el que resulta difícil observar y organizar la experiencia, y por tanto de concebir dentro de los modelos explicativos de los estudiantes; pues no se puede ignorar que este paso costó trabajo a la humanidad para llegar a la explicación de que el efecto de atracción es una manifestación mecánica entre dos cuerpos electrificados, la situación no es trivial. De la misma forma, la mayoría de los estudiantes conciben que la atracción se da porque el cuerpo que ha sido frotado es el que está electrificado y no el cuerpo que se ve atraído por éste, ignorando así que los cuerpos se electrifican también por inducción y que esto es lo que conlleva a la atracción de éstos. Es por ello que se organizan los experimentos de manera tal, que se posibilite a los estudiantes la interacción con el fenómeno a través de sus sentidos (vista –tacto–oído, olfato), con el ánimo de ampliar tales explicaciones en pro de la caracterización del comportamiento eléctrico de la materia e identificar la influencia del medio en este tipo de fenómenos. De esta manera logra acercarse al estudiante a la noción de electrificación de la materia por inducción (aunque no necesariamente en estos términos).

De acuerdo a lo presentado, a continuación se presenta el diseño de las actividades de las sesiones 1A, 1B y 2 correspondientes a la etapa 1 (ver cuadros 3.1, 3.2 y 3.3, pág. 76-79). Las dos primeras sesiones, propician la indagación del fenómeno de electrificación por frotamiento, lo cual es manifiesto a través de efectos de atracción. En la etapa 2 se continúa con el análisis del fenómeno de electrificación de los cuerpos, pero ahora se trata de inducir al estudiante al análisis de la electrificación por contacto, experiencia que se logra organizar a partir de la percepción de efectos de repulsión.

Cuadro 3.1 Diseño de las actividades de la sesión 1A

Sesión 1A ¡...¿Me gustas?... Me atraes...!

OBJETIVO: Observar, analizar y caracterizar el comportamiento de diferentes materiales al ser frotados e interactuar con otros cuerpos.

1. Frota una bomba con los materiales que se indican en la siguiente tabla y acércalos a los materiales que también se indican allí. Organiza en la tabla los efectos que observes de mayor a menor.

BOMBA

MATERIAL	ACETATO	ALGODON	HOJA	LANA	CABELLO	ALUMINIO
TROCITOS DE ALUMINIO						
TROCITOS DE PAPEL						
TROCITOS DE ALGODON						
SAL						
AZUCAR						
ELECTROSCOPIO						
VERSORIUM						

2. Repite la experiencia anterior sustituyendo la bomba por: un esfero, un acetato, madera, un tubo de vidrio, un tubo de PVC, una tira de cinta transparente gruesa. Construye la tabla anterior para cada material.

Explica lo sucedido en las experiencias anteriores a través de esquemas y en tus palabras...





Cuadro 3.2 Diseño de las actividades de la sesión 1B

Sesión 1B ¡...¿Me gustas?... Me atraes...!

OBJETIVO: Observar, analizar y caracterizar el comportamiento de diferentes materiales al ser frotados e interactuar con otros cuerpos.

ACTIVIDAD 1

1. Describa la interacción entre los siguientes pares de cintas cuando ellas son acercadas una a la otra.
 - Dos cintas E
 - Dos cintas D
 - Una cinta E y una cinta D

PROCEDIMIENTO: Coloca una cinta sobre la superficie de la mesa, la cual es marcada con la letra D (debajo) y encima de ella se coloca otra cinta, esta vez con mayor delicadeza que la que está debajo y se marca con la letra E (encima). Repite este mismo procedimiento nuevamente. En seguida retira de la mesa las cintas y despega cuidadosamente cada par de cintas. Ubícalas una frente a la otra, variando la distancia entre ellas, que observa cuando interactúan las cintas:

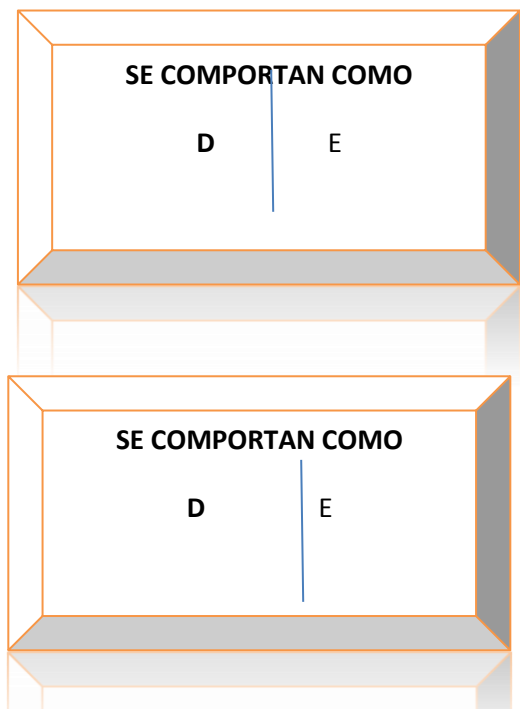
- a. D con D
- b. E con E
- c. E con D

Cinta 1	Cinta 2	Observación
D	D	
E	E	
E	D	

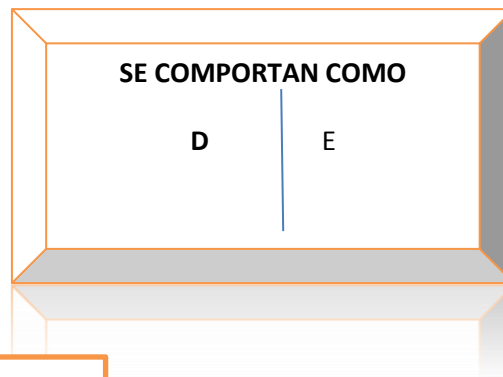
2. Acerca los objetos frotados en la sesión 1A a las cintas D y E y clasifica los elementos según las observaciones que registres en cada caso.

FROTAR LANA	CON	Qué sucede al acercarse a E	Qué sucede al acercarse a D
BOMBA			
ACETATO			
CARNET			
ESFERO			
LAPIZ			
UN METAL			

FROTAR CABELLO	CON	Qué sucede al acercarse a E	Qué sucede al acercarse a D
BOMBA			
ACETATO			
CARNET			
ESFERO			
LAPIZ			
UN METAL			



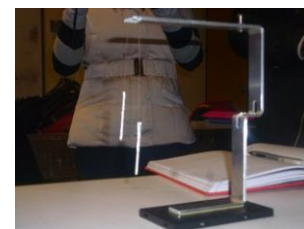
FROTAR CON	Qué sucede al acercar a E	Qué sucede al acercar a D
BOMBA		
ACETATO		
CARNET		
ESFERO		
LAPIZ		
UN METAL		



De lo anterior se puede concluir que:

ACTIVIDAD 2

Materiales: Aluminio, Hilo, 2 Tubos de PVC, 2 Tubos de vidrio



3. Frote uno de los tubos de PVC con lana y colóquelo en medio de los péndulos de aluminio. Registre lo que observa con los péndulos antes y después de retirar el tubo de PVC.

4. Frote uno de los tubos de vidrio con lana y colóquelo en los extremos de los péndulos de aluminio. Registre su observación antes de retirarlos y luego de retirarlos.

5. Frote un tubo de vidrio y un tubo de pvc con lana. Colóquelos en los extremos de los péndulos de aluminio. Registre su observación antes de retirarlos y luego de retirarlos.

De lo anterior se puede concluir que:

Sesión 2 ¡...¿Me gustas?...Me atraes...!

OBJETIVO: Observar y analizar los instrumentos que “extienden” nuestros sentidos.

1. ¿Cómo elaboraste tu versorium?... Explica la función de cada una de sus partes y justifica el ¿por qué? de los materiales que empleaste.



2. ¿Qué indica el versorium?

3. ¿Registra alguna medida el versorium? Justifica tu respuesta.



4. Cómo elaboraste tu electroscopio... Explica la función de cada parte y justifica el ¿por qué? de los materiales que empleaste.

5. Representa por medio de esquemas lo que sucede con el electroscopio al acercar los cuerpos que frotaste. Ten en cuenta todo el sistema (electroscopio – cuerpo con que se frota y cuerpo frotado).

6. ¿Qué indica el electroscopio?

7. ¿Registra alguna medida el electroscopio? Justifica tu respuesta.



Hasta este momento, el objetivo de los experimentos correspondientes a la etapa 1 descritos anteriormente, pretenden reestructurar la noción de electrificación de los cuerpos, carga eléctrica, (des)equilibrio electrostático y diferencia de potencial, que “poseen” los estudiantes además de hacer énfasis en las expresiones “...son buenos o malos conductores...” para posteriormente acercarse a la noción de resistencia eléctrica, debido a que la comprensión de estos conceptos es necesaria para la explicación del funcionamiento de un circuito eléctrico.

3.1.2 Etapa 2. Emisión de luz en una lámpara o bombillo fluorescente ¿Un fenómeno electrostático o electrocinético?

El propósito de las actividades correspondientes a la etapa dos (semana 2 y 3), es propiciar experiencias a los estudiantes que les permita apreciar que es posible hacer que una bombilla o lámpara fluorescente emita luz cuando se pone en contacto con un tubo de PVC que ha sido electrificado por frotamiento, además de la experiencia que ya conocen que es la de emitir luz cuando se pone en contacto (de manera adecuada) la bombilla con una batería. Esto posibilita a los estudiantes conocer que otro fenómeno electrostático es la emisión de luz mediante el frotamiento de un cuerpo, además del fenómeno electrocinético - más conocido- de emitir luz conectando un bombillo a una batería. En el diagrama 3.3 se presenta la estructura de la etapa 2 de la secuencia.

Ahora bien, el cuestionamiento que se espera que se planteen los estudiantes, es ¿cómo y por qué se genera corriente eléctrica de forma continua en un circuito sencillo? El objetivo a conseguir con los estudiantes será que sean capaces de explicar qué propiedad tiene la pila para generar corriente eléctrica en un circuito y cómo se mide esa propiedad, dando paso a la construcción de los conceptos de fuerza electromotriz (aunque inicialmente en términos de los estudiantes) y de corriente eléctrica dentro de un modelo funcional.

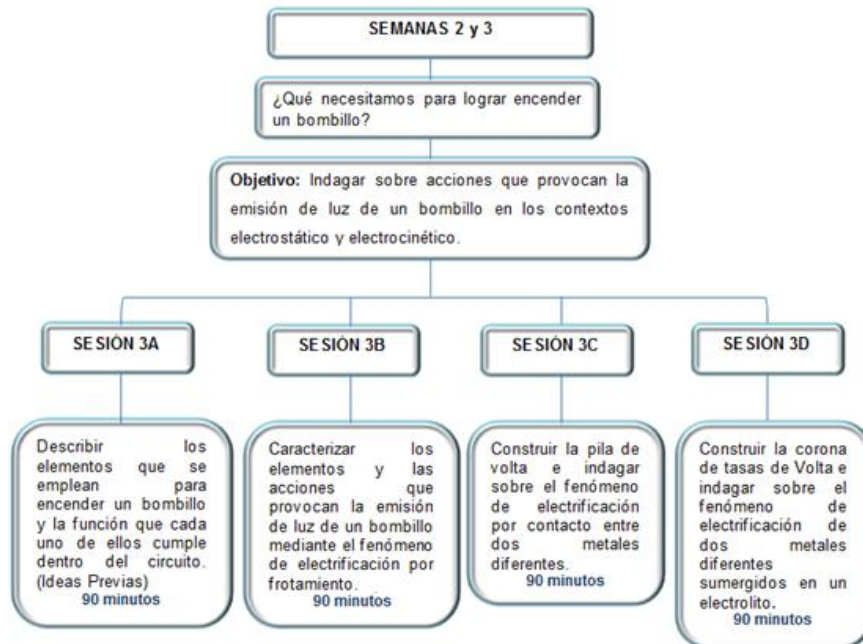


Diagrama 3.3 Objetivos de las actividades de la etapa 2

Para llevar a cabo el objetivo propuesto para la etapa 2, se toma como punto de partida la indagación de los modelos mentales que poseen los estudiantes respecto a la noción de circuito eléctrico; para ello, se han retomado algunos elementos de la investigación realizada por McDermott (1992) sobre la organización de montajes experimentales alrededor del circuito eléctrico resistivo simple.

En la sesión 3A que aborda la pregunta ¿Qué necesitamos para lograr encender un bombillo? (ver cuadro 3.4, pág. 83), pretende inicialmente develar la experiencia previa que poseen los estudiantes respecto a la elaboración de circuitos sencillos, teniendo en cuenta qué elementos, como cables, pilas o bombillos entre otros, ellos consideran necesarios para construir el circuito. Posterior a ello, los estudiantes elaboran diagramas de posibles conexiones en las que se observa la manera como organizan los elementos, además de describir la función que cada uno de ellos

cumple dentro de tal disposición. Es así como las actividades que han sido diseñadas para esta sesión, dirigen a los estudiantes al análisis sobre cómo la selección y organización de los elementos en un circuito determinan el funcionamiento del mismo.

Después de proponer sus conexiones con lápiz y papel, se les pide a los estudiantes que haciendo uso de cables, un bombillo y una batería, los organicen de acuerdo a los esquemas que elaboraron previamente. Paralelo a la búsqueda del circuito en que se logre encender el bombillo, los estudiantes elaboran sus representaciones o diagramas que describen los intentos de circuito propuestos, independientemente de que el bombillo ilumine o no. Luego, se espera que los estudiantes contrasten los diagramas que han elaborado en cada uno de sus diseños, para que identifiquen las diferencias entre aquellos montajes que permiten que el bombillo ilumine.

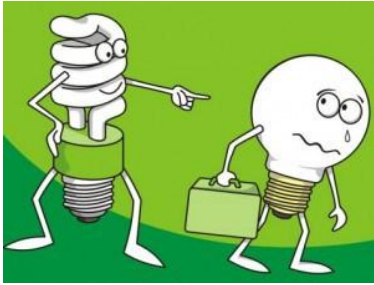
Además, se espera que los estudiantes elaboren diagramas estándar de los montajes propuestos en el numeral 9 de esta sesión (Pág. 84), es decir, haciendo uso de las convenciones utilizadas para representar los elementos de un circuito; teniendo en cuenta que los estudiantes ya han tenido contacto con la información sobre representaciones o diagramas que suelen presentarse en los libros de texto o por sus profesores en las clases de física o tecnología, para que puedan ser más conscientes de que estas representaciones expresan de manera muy simplificada un sistema físico real.

Respecto a las limitaciones que poseen las representaciones de los circuitos eléctricos presentadas en los libros de texto, McDermott (1992) afirma que estos diagramas muestran conexiones eléctricas, no disposiciones físicas. Esta situación suele no ser pensada en el aula, lo cual es indispensable de tener en cuenta a la hora de construir explicaciones alrededor del funcionamiento de un circuito eléctrico, pues aspectos como el grosor o longitud de la mina de un lápiz que es introducido en el circuito, la longitud y grosor de un alambre o la distancia entre una sustancia conductora y otra, no pueden ser ignorados.

A continuación se expone el diseño de las actividades propuestas para esta sesión.

Sesión 3A ¿Qué necesitamos para lograr encender un bombillo?

OBJETIVO: Describir los elementos que se emplean para encender un bombillo y la función de cada uno de ellos.



magen tomada de: <http://shedsem.com/2010/10/28/bombillos-de-bajo-consumo/>

1. Con qué elementos se elabora un bombillo y cuál es la función de cada uno de ellos. Explica el mecanismo de funcionamiento del bombillo.
2. Qué elementos necesitas para lograr encender un bombillo.
3. Cómo organizas esos elementos para que puedas obtener luz en el bombillo.
- 4.Cuál es la función de cada uno de esos elementos.

Materiales

- 3 bombillos de 120 V de los pequeños
- 3 rosetas para los bombillos
- 2m de cable de timbre
- Una papa

- Agua
- Sal
- Vinagre
- Una mina de lápiz















5. Esboza (dibuja) arreglos en lo que haciendo uso de un bombillo, un enchufe y un par de alambres, ilustres de cuántas maneras posibles se podría encender el bombillo. En compañía de tu profesora realiza los diseños experimentales que propones y realiza una lista de los arreglos en los que prendió el bombillo y una lista de arreglos con los que no prendió. Analiza cada esquema y explica lo sucedido.

ARREGLOS / ESQUEMAS	ENCIENDE	NO ENCIENDE

6. ¿Por qué circuito es un nombre especialmente adecuado para un arreglo de un bombillo con una fuente (batería-toma) y un alambre, en el que se enciende el bombillo?

7. Usando una bombilla, una fuente y dos cables, prepare un circuito eléctrico en el cual el bombillo encienda. Introduzca los siguientes materiales dentro del circuito y elabore un diagrama que muestre la disposición de los elementos y lo que sucede con el bombillo.

<p>PORCELANA</p> 	<p>PLASTICO</p> 	<p>PAPEL</p> 	<p>VIDRIO</p> 
<p>MINA DE LAPIZ</p> 	<p>PAPA</p> 	<p>LIMÓN</p> 	<p>VINAGRE</p> 
<p>SAL</p> 	<p>ACERO</p> 	<p>ALAMBRE DE COBRE</p> 	<p>COBRE</p> 

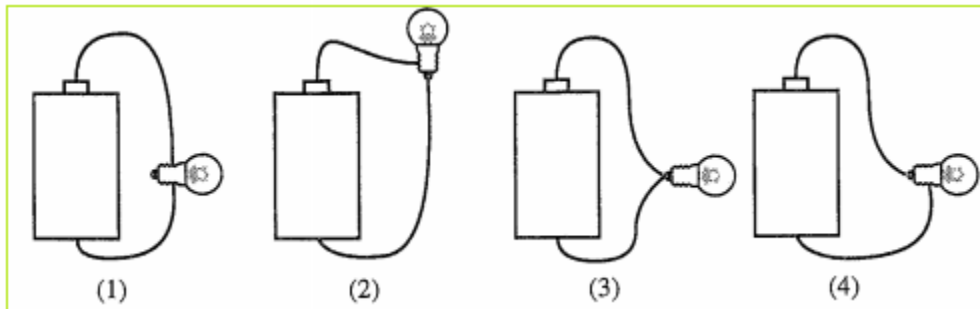
¿Tiende el bombillo a continuar con el mismo brillo o se atenúa o se apaga? ¿A qué se debe tal situación?

8. Clasifique los materiales en diferentes categorías (enciende / no enciende) de acuerdo a los efectos en la bombilla. Haga una lista de los objetos en cada categoría.

ENCIENDE	NO ENCIENDE	OBSERVACIONES

¿Qué tienen en común la mayoría de los objetos que permiten que el bombillo prenda?

9. ¿En cuál de los circuitos de abajo prenderá el bombillo?, sucede algo diferente en alguno de ellos.



10. Dibuja diagramas estándar de los cuatro circuitos con arreglos de batería, bombillo y alambres del anterior numeral. ¿Cuáles de estos circuitos tienen diagramas estándar de circuitos idénticos?

Luego de indagar sobre los elementos que los estudiantes consideran indispensables para lograr hacer emitir luz en un bombillo y la forma de organizarlos, se les propone la sesión 3B (ver cuadro 3.5, pág. 86), la cual está orientada por la pregunta ¿Cómo encender el bombillo con un cuerpo que ha sido electrificado mediante frotación? Así, se les pide a los estudiantes que froten

vigorosamente un tubo de PVC y toquen uno de los bornes de la lámpara (o bombillo fluorescente) con éste, acción que provoca la emisión de luz (producto de una descarga eléctrica). En este momento de la secuencia, es pertinente que el docente realice una indagación pausada acerca de las modificaciones que se pueden presentar en los modelos explicativos de los estudiantes sobre las formas de hacer que una bombilla emita luz, pues éste es un fenómeno electrostático que no es común para ellos, y por lo mismo, no esperado.

De acuerdo a lo anterior, el propósito de esta sesión es identificar las condiciones necesarias para hacer que el bombillo encienda al interactuar con un cuerpo electrificado por frotamiento. Por lo que en esta sesión se considera esencial que los estudiantes analicen que a pesar de obtener un emisión de luz del bombillo, este caso no se puede considerar como un circuito eléctrico simple; así, se espera que ellos analicen en que difieren las condiciones de emisión de luz entre el experimento en el que el bombillo está dentro de un circuito eléctrico simple (sesión 3A) y en el caso en el que está en contacto con un cuerpo que ha sido electrificado previamente (sesión 3B). El docente ha de analizar los modelos explicativos propuestos por los estudiantes, haciendo énfasis en que a pesar de obtener emisión luz del bombillo en los dos casos, las condiciones que provocan esta emisión de luz, son totalmente diferentes; incluso la luz que se percibe, ya que en un caso la luz es continua, y en el otro se tiene un destello de luz.

A continuación se presentan las actividades diseñadas para la sesión 3B.

Cuadro 3.5 Diseño de las actividades de la sesión 3B

Sesión 3B ¿Cómo encender el bombillo con un cuerpo que ha sido electrificado mediante frotación?

OBJETIVO: Caracterizar los elementos y las acciones que provocan una descarga eléctrica e indagación del fenómeno.

MATERIALES

- 1 tubo de PVC
- 1 Lámpara o bombillo fluorescente
- 1 hoja de cuaderno corrugada

Video tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=8T-kuejwCs>



NOTA:

El experimento debe realizarse en una habitación completamente oscura.

- ✓ Tome el tubo de PVC y frótelo vigorosamente con una hoja de cuaderno que haya sido arrugada previamente.
- ✓ Acerque uno de los bornes de la lámpara al tubo de PVC inmediatamente después de ser frotado.

- ¿Qué sucede?
- Explica con tus palabras lo que observas
- ¿Por qué se interrumpe el “efecto” percibido?
- ¿Se puede prolongar de alguna manera este efecto? ¿Cómo?

Existe alguna relación entre la forma de que un bombillo emita luz como en la sesión anterior y en esta sesión. **Justifica tu respuesta.**

Siguiendo la línea de comprender el funcionamiento de un circuito eléctrico simple, se espera que los estudiantes a través de la ampliación de su experiencia, continúen modificando las concepciones que poseen de algunos conceptos, que hasta el momento habían sido meras definiciones sin significado físico para ellos. Por lo que, a continuación vienen las sesiones 3C (ver cuadro 3.6, pág. 89) “Construcción de la pila de Volta” y 3D (ver cuadro 3.7, pág. 92) “Construcción de la corona de tasas de Volta”. Estos experimentos que fueron realizados por Volta (ver diagrama 3.4), y a través de la reproducción de éstos se pretende que el estudiante pueda:

- Identificar las condiciones necesarias para que se produzca una diferencia de potencial.
- Identificar que esa diferencia de potencial es lo que produce una corriente eléctrica y no lo contrario.
- Identificar qué función cumple la batería en el funcionamiento del circuito.
- Analizar la resistencia (en términos de buenos o malos conductores) “producida” por cada uno de los elementos que conforman el circuito.

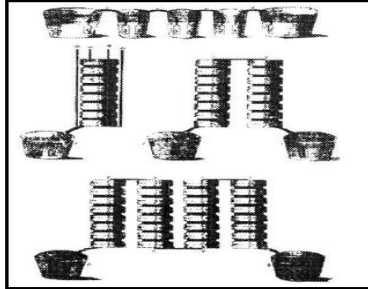


Diagrama 3.4. Corona de tazas y Pila de Volta. Montajes experimentales retomados para las actividades de las sesiones 3C y 3D.

Para que los estudiantes puedan identificar las condiciones necesarias para que se produzca una diferencia de potencial, se les propone inicialmente que construyan una torre de monedas, arandelas y discos de papel; colocando primero la moneda de \$100, luego un disco de papel o cartulina de un tamaño menor al de la moneda, humedecido con vinagre, y encima una arandela de zinc. Repitiendo esta secuencia las veces que sea necesario hasta lograr encender un led o percibir alguna sensación, por ejemplo una leve conmoción, a través de sus sentidos (gusto o tacto). Con ello, no sólo se propicia el análisis sobre las características de los materiales que se ponen en contacto y lo que sucede al organizarlos de esta manera, sino también se identifican las condiciones en las cuales se puede hablar de un circuito eléctrico cerrado.

Posterior a ello se pide a los estudiantes que organicen estos materiales de manera diferente, bien sea intercambiando el orden de los mismos o quitando uno de estos (arandela, papel o moneda) de la torre construida inicialmente; con el fin de que ellos observen que es necesario el contacto entre dos metales diferentes además de la presencia del electrolito, para que encienda el led o logren percibir alguna sensación con sus sentidos, y que sean conscientes de que la organización de los materiales no es producto de un mero capricho, sino que el efecto puede no darse al quitar uno de ellos, y el efecto puede aumentar o disminuir dependiendo de la cantidad de celdas (moneda, papel, arandela).

Para finalizar las actividades de esta sesión, se propone a los estudiantes que diseñen un circuito en el que empleen las arandelas de zinc, las monedas de \$100, cables y limones para lograr encender el led o sentir también alguna sensación a través de sus sentidos. El propósito de esta actividad es que los estudiantes puedan comparar las variaciones que se presenta entre este

circuito y el del caso anterior con respecto a los efectos producidos. Esta experiencia favorece la comprensión del funcionamiento de una pila y su papel dentro del circuito eléctrico.

Se espera que las preguntas y modelos explicativos de los estudiantes que puedan surgir en esta experiencia, les permitan observar el fenómeno de electrificación por contacto entre dos metales, que además deben ser diferentes. Una vez hayan identificado que los dos metales han sido electrificados, pueden establecer este hecho como una condición que provoca una diferencia de potencial, la cual es necesaria para que se pueda percibir algún efecto que indique la presencia de una corriente eléctrica al cerrar el circuito. Es decir, se pretende que los estudiantes identifiquen primero que el contacto entre los dos metales distintos y el electrolito producen una diferencia de potencial, y que ello es lo que puede dar origen a una corriente eléctrica.

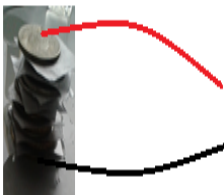
Es preciso recordar que, si bien Volta no llegó a hablar de reacciones químicas, si tuvo en cuenta la importancia del material de los metales puestos en contacto. En el artículo "On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds", publicado el 20 de marzo de 1800, Volta describe la construcción de su primera pila, formada por una serie de discos de plata y de zinc en contacto, cada pareja era separada con un disco de material esponjoso capaz de absorber y retener agua o humedad (Rudomín, 1991).

A continuación se presentan las actividades diseñadas para la sesión 3C.

Cuadro 3.6 Diseño de las actividades de la sesión 3C

Sesión 3C Construcción de la pila de Volta

OBJETIVO: Construir la pila de Volta.



1. Realiza una torre en la que intercales monedas de \$100, papel humedecido con vinagre y arandelas. Coloca dos cables de timbre como se indica en la figura y conecta a ellos un led. ¿Qué sucede? ¿Cómo explicas este hecho?

2. Coloca tu lengua o tus dedos en lugar de la led. ¿Qué sientes a medida que colocas más monedas, papel y arandelas?
-

3. Con el multímetro en las condiciones en que te lo entregó tu profesora, observa el registro a medida que colocas más monedas, papel, y arandelas. Explica con tus palabras lo que consideras que indica cada registro numérico.

4. ¿Si realizas una torre sustituyendo las arandelas, el papel o las monedas que sucederá?

5. ¿Realiza el montaje y describe lo que sucede?

6. ¿Cuál es la función de cada uno de los elementos que conforman el sistema (arandelas, monedas, papel, cables, led)

7. ¿Puedes hablar de electrificación de alguno de los materiales que conforman el sistema?

8. ¿Qué consideras que sucede cuando colocas en contacto las monedas, las arandelas y el papel humedecido con vinagre bajo una disposición privilegiada?

8. ¿Podrías organizar las monedas, arandelas y unos limones para obtener el mismo efecto que obtuviste en el montaje anterior? Si lo consideras posible ¿Cómo los organizarías?



9. ¿Cuál o cuáles condiciones se deben tener en cuenta para poder encender el led o para poder percibir conmociones a través de tus sentidos con la pila de volta o la pila de limones?

Existe alguna relación entre los experimentos de esta sesión y las sesiones anteriores. **Justifica tu respuesta.**

En la sesión 3D (ver cuadro 3.7, pág. 92) se plantea la reconstrucción de la corona de tasas de Volta con el fin de que los estudiantes amplíen su experiencia. Para ello, se les pide inicialmente que organicen los materiales (vasos llenos de vinagre, monedas, arandelas y cables) como ellos consideren pertinente para lograr encender el led o lograr sentir alguna conmoción al colocar su lengua o dedos en lugar del led. El propósito de esta actividad es que los estudiantes propongan diversas disposiciones y establezcan condiciones que favorezcan el funcionamiento del circuito.

Seguido de ello, se les propone a los estudiantes que realicen el montaje diseñado por Volta (ver diagrama 3.4). Para él, los efectos producidos con la corona de tazas resultaban mejor si se empleaba recipientes de cristal y si el conjunto dispuesto a colocar en contacto era cobre con zinc dentro de agua salada o cobre con estaño dentro de lejía. Sin embargo, por efectos de facilidad en la adquisición de los materiales se les propone a los estudiantes que empleen monedas de \$100 de las antiguas, arandelas de zinc, alambre de cobre y vasos precipitados de 50 ml. Se les pide que vayan haciendo comparaciones a medida que agregan más vasos de lo que logran percibir con su lengua o dedos, y el registro numérico que observan con un multímetro digital que ha sido previamente cubierto de manera que ellos tengan acceso solo al valor numérico, con el fin de indagar sobre lo que ellos consideran que indica ese valor. En esta sesión, se espera que los estudiantes noten que añadir más recipientes es una condición análoga a añadir más arandelas y monedas en el caso de la pila voltaica, y que por tanto, podrán experimentar una conmoción un poco mayor.

La reproducción del experimento de la corona de tazas de Volta tiene como finalidad mostrar al estudiante que para que una corriente eléctrica tenga lugar, es necesaria una diferencia de potencial y no lo contrario, como suele concebirse -sentido común- tal relación; además, reflexionar también sobre el hecho de que al cerrar el círculo conductor hay una continuidad de lo que llamamos corriente eléctrica, y que solo al interrumpir ese círculo, la corriente deja de “existir”.

Son los efectos percibidos cuando se cierra el circuito como la conmociones, la obtención de luz en el led, el calentamiento de los cables, e incluso los cambios que experimentan los metales y los electrolitos cuando estos son puestos en contacto, lo que les permitirá a los estudiantes hablar de la “presencia” de una corriente eléctrica. Es decir, se espera que los estudiantes caractericen la corriente eléctrica a partir de efectos térmicos, químicos, lumínicos y sensoriales que ellos puedan percibir.

A continuación se presenta el diseño de las actividades correspondientes a la sesión 3D, que hace parte de la estructura de la secuencia descrita hasta el momento.

Cuadro 3.7 Diseño de las actividades de la sesión 3D

Sesión 3D Construcción de la corona de tazas de volta

OBJETIVO: Construir la corona de tazas de Volta e indagar el fenómeno.



1. ¿Podrías organizar las monedas, arandelas y recipientes llenos con vinagre para obtener el mismo efecto que obtuviste en los montajes anteriores? Si lo consideras posible ¿Cómo los organizarías?

2. Elabora el siguiente montaje. Vierte en los vasos vinagre de manera que las monedas y arandelas queden sumergidos en él.

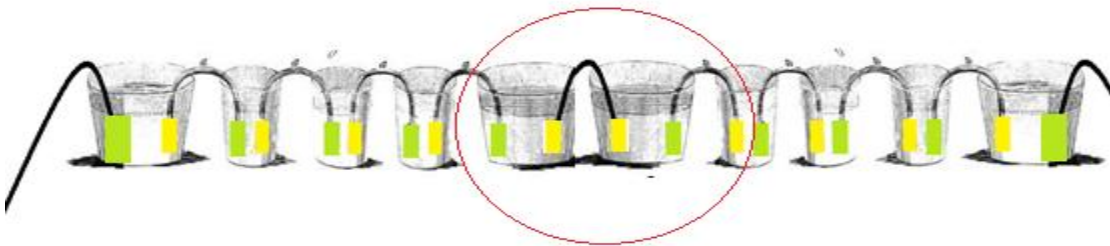
- Monedas de \$100
- Arandelas de Zinc



3. Con cuántos vasos lograr percibir algo con:

- a. Con el led _____
- b. Con tus dedos _____
- c. Con tu lengua _____
- d. Con el multímetro _____

4. Continúa la secuencia de tasas, pero ahora invierte el orden de las monedas y las arandelas en las nuevas tasas. Explora con tus sentidos y con el multímetro lo que sucede a medida que agregas más tazas. A qué se debe este hecho.



5. ¿Qué efectos te permiten identificar la presencia de una corriente eléctrica?

6. ¿Cuál o cuáles condición permiten la “producción” de una corriente eléctrica?

7. ¿Qué sucede cuando cambias las monedas de \$100 por láminas de cobre?

8. ¿Cuál es la función de cada uno de los elementos que conforman el sistema?

9. ¿Puedes hablar de electrificación de los materiales usados en esta sesión? Es decir, ¿Están cargados? ¿Todos? ¿Algunos? ¿Ninguno? Si lo consideras así, ¿cómo se pudieron electrificar esos materiales?

10. ¿Encuentras alguna relación entre los montajes hechos en las etapas 1 y 2 con la construcción de la corona de tasas de Volta? Justifica tu respuesta.

Ya que puede darse la situación que haya estudiantes que no logren percibir ninguna conmoción a través de sus sentidos y además que no les encienda el led, por lo que podría resultar más difícil la percepción y explicación del fenómeno de electrificación por el contacto entre dos metales distintos, y puedan llegar a considerar que no está sucediendo nada, por lo menos mientras se hace la socialización de los resultados obtenidos en cada uno de los grupos. Por lo que se considera que en tal situación, el valor numérico registrado en un voltímetro sí les permitiría ir construyendo explicaciones alrededor de cuestionamientos como: ¿Qué indica ese valor numérico? ¿Qué está midiendo? ¿Por qué aumenta o disminuye el valor al modificar la cantidad y posición de los elementos? Así que dentro de las discusiones de los estudiantes se espera que surjan modelos explicativos alrededor de las lecturas arrojadas por el multímetro (voltímetro) en las sesiones 3C y 3D; acción que a la vez permite al docente develar en qué medida los estudiantes han dejado de usar los términos de carga eléctrica, energía y voltaje entre otros, como sinónimos.

Se espera que las actividades propuestas en cada una de las etapas que han sido descritas hasta el momento, conlleven a la ampliación de la experiencia de los estudiantes y de esta manera se logre favorecer el uso reflexivo de conceptos como los de carga eléctrica, diferencia de potencial, resistencia (asociada de cierta manera a la conductividad de los materiales) y corriente eléctrica; además de las relaciones de interacción entre estas magnitudes. Elementos que se consideran desde esta investigación, necesarios para comprender el funcionamiento de los circuitos eléctricos.

3.1.3 Etapa 3. Análisis del funcionamiento de un circuito eléctrico bajo diversas disposiciones físicas

El objetivo de la etapa 3 de la secuencia de aprendizaje es continuar identificando los elementos que conforman un circuito eléctrico y la función de cada uno de ellos dentro de él. Además de esto se pretende que los estudiantes retomen elementos de las etapas anteriores, de manera que caractericen las variables que favorecen la descripción del funcionamiento de un circuito eléctrico como un sistema no lineal. Estas variables se han venido construyendo (modificando) a lo largo de la secuencia, por ejemplo, la corriente eléctrica, la diferencia de potencial y la resistencia eléctrica (inicialmente en términos de buenos o malos conductores). Sin embargo, la noción de “conductores de...”, conlleva al estudiante inmediatamente a pensar en un “flujo de...”; modelo explicativo que en esta investigación se considera que presenta limitaciones que conllevan al estudiante a la elaboración de modelos mentales erróneos, por lo que en esta etapa de la secuencia, específicamente en la sesión 4 (ver cuadro 3.9, pág. 96) orientada por la pregunta ¿Cambiar de posición te afecta? Se pretende que el estudiante cuestione o analice por ejemplo, el modelo de corriente eléctrica como un flujo de electrones de un lugar a otro, y lo que ello implicaría. Se considera de mayor conveniencia, pensar en la propagación de una perturbación como consecuencia de las transformaciones de energía que tienen lugar en el circuito eléctrico.

Otro aspecto a considerarse, es la noción que poseen los estudiantes en cuanto a que la corriente es “consumida” por cada uno de los elementos que conforman el circuito, por lo que se plantea analizar lo que sucede con el circuito al modificar (quitar, agregar, cambiar de posición) los elementos que lo conforman, con el fin de que ellos “observen” que la corriente no es consumida por ningún dispositivo del circuito.

Bajo esa misma dinámica, se pretende que los estudiantes identifiquen las resistencias que existen dentro de todo el circuito, situación que suele ser ignorada en el aula de clase y por lo tanto no se hace énfasis que la ley de Ohm es aplicable solo a una parte del circuito (Kipnis, 2009).

$I = V / R$ Ley de Ohm para una parte del circuito

Ante esta situación McDermott y Scheffer (1992) afirman que los estudiantes en varias ocasiones están obligados a comparar el brillo, de bombillas eléctricas en un circuito de manera cualitativa, en el que la resistencia interna de una batería y la resistencia de los cables de conexión no son tenidos en cuenta lo suficientemente, por lo que en esta sesión no se reduce el análisis del fenómeno a observar si los bombillos alumbran más o menos bajo diversas condiciones, sino que se conduce al estudiante a analizar todo el sistema (fuente, cables, bombillos, disposiciones en el circuito).

En el diagrama 3.5 se presentan las actividades propuestas para la etapa 3.



Diagrama 3.5 Objetivos de las actividades de la etapa 3

A continuación se exponen las actividades diseñadas para las sesión 4 (ver cuadro 3.9, pág. 96), siendo esta última una actividad de cierre que pretende recoger elementos de cada una de las etapas de la secuencia de aprendizaje para la elaboración de la noción de circuito eléctrico que logró desarrollar cada estudiante.

Cuadro 3.9 Diseño de actividades de la sesión 4

Sesión 4 ¿Cambiar de posición te afecta?

Objetivo: Comparar el funcionamiento de un circuito en serie y un circuito en paralelo, analizando las variaciones del sistema al modificar sus elementos.





MATERIALES

2m de cable de timbre, una multitoma, tres rosetas y tres bombillos de los empleados en la sesión 3A.

Realiza la conexión que se ilustra en la fotografía y responde las siguientes preguntas:



1. ¿Qué sucede si retiras uno de los bombillos? Realiza la experiencia, describe y explica lo que sucede.

Realiza la conexión que se ilustra en la fotografía y responde las siguientes preguntas:



2. ¿Qué sucede si retiras uno de los bombillos? Realiza la experiencia, describe y explica lo que sucede.
3. Teniendo en cuenta los circuitos elaborados en las sesiones 3A, 3C, 3D y ésta; define en tus palabras qué es un circuito eléctrico y bajo qué condiciones funciona éste y cómo puede verse afectado. Cuáles son las variables físicas que lo describen y que relación se presenta entre ellas.

A medida que se avanza en el desarrollo de la secuencia, se propicia el acercamiento de los estudiantes a la noción de circuito eléctrico no como la adición de sus partes, sino como un sistema físico complejo; en el sentido que, la forma en que son organizados sus elementos determinan las relaciones de interacción entre sus variables. Se espera que éstas sean construidas

(o reelaboradas) por los estudiantes a medida que avanza la secuencia, en virtud de la necesidad de explicar lo que perciben a través de sus sentidos en cada una de las disposiciones de circuitos que ellos puedan proponer o los que se les pida que realicen.

3.2 Enfoque Fenomenográfico

“Todos somos diferentes pero nos creemos iguales, sin embargo hacemos cosas diferentes. Unos lo hacen mejor y otros lo hacen peor”

Marton & Booth (1997).

El diseño de la secuencia y el análisis de su implementación se han planteado desde un enfoque de investigación cualitativa, haciendo uso del enfoque Fenomenográfico¹⁰, en el cual se analizan las modificaciones que van surgiendo en los modelos mentales de los estudiantes desde las *distintas formas o maneras de vivir la experiencia* (experienciar) de un fenómeno.

El proceso de este tipo de investigación se desarrolla a partir de tres etapas:

- Aprendizaje
- Análisis cualitativo
- Entrevista

En cada una de estas etapas se establecen unas categorías de análisis que favorecen un avance de las ideas menos complejas a las más complejas; sin embargo, en esta investigación no se plantea el avance entre ideas sino entre los modelos mentales de los estudiantes, de los menos complejos a los más complejos.

Los resultados del aprendizaje están íntimamente relacionados con la forma como se aborda el fenómeno, en este caso, se hace referencia a la forma como es llevado el estudiante al análisis de fenómenos eléctricos, específicamente los relacionados con el estudio de circuitos eléctricos

¹⁰ Según Krosmark (citado por Marton y Booth, 1997), la palabra fenomenografía está formada por dos raíces griegas: el verbo fanisthai que significa hacerse manifiesto y que da lugar al término fenómeno, lo aparente; y grafía, cuyo significado es describir en palabras o imágenes lo que se designa. El término fenomenografía designa al acto de representar un objeto de estudio como un fenómeno cualitativamente distinto.

simples. Es decir, desde esta investigación se considera que la forma como se aborda el fenómeno, conllevará o no a la comprensión del mismo.

La ampliación de la experiencia alrededor de la organización de fenómenos eléctricos en el estudio de los circuitos eléctricos simples, favorece la identificación y descripción de las distintas formas de experimentar y comprender estos fenómenos. Para ello es necesario resaltar que Marton y Booth (1997) consideran las experiencias no como entidades físicas o mentales, sino como una relación entre el objeto (lo experimentado) y el sujeto (quien experimenta); Sin embargo, aquí se plantea esa relación desde las estructuras mentales que desarrolla el estudiante y la forma como logra percibir y organizar los fenómenos eléctricos implícitos en el estudio de los circuitos eléctricos y su construcción conceptual. En ese sentido es pertinente resaltar, que desde este enfoque de investigación, la experiencia no puede ser pensada de manera separada del sujeto (estudiante) ni del objeto, implica la presencia de los dos “elementos”.

El enfoque Fenomenográfico aborda los fenómenos desde la posición de los sujetos, es decir, desde la descripción que hacen las personas sobre sus experiencias (Marton y Booth, 1997). Acorde con esto, los investigadores deben poner entre paréntesis sus experiencias propias, pues este tipo de investigación implica ver el fenómeno desde la óptica de la persona que lo experimenta (el estudiante), condición necesaria para tener la capacidad de describir cómo los estudiantes experimentan los fenómenos eléctricos vinculados con el funcionamiento de un circuito eléctrico.

En el análisis de las formas como se vive la experiencia de estos fenómenos eléctricos, se resaltan dos aspectos que coexisten necesariamente, uno es el **aspecto estructural** que consiste en la forma como se organiza el fenómeno desde el significado que se le ha asignado a éste, y el otro, es el **aspecto referencial** que involucra la intención de quien experimenta (en este caso, inicialmente sería la intención que persigue el docente y posteriormente las que surgen de los estudiantes).

Marton y Booth (1997) afirman que el núcleo de la fenomenografía no es sólo describir cómo otros ven los fenómenos, sino también revelar y describir la variación en dichas experiencias; por ello busca identificar la variación en las formas cualitativamente diferentes en las cuales un fenómeno puede ser experimentado, percibido, comprendido o conceptualizado. **En ese proceso,**

se entiende experimentar, como la acción misma de discernir aspectos de un fenómeno y ser consciente de ellos.

Las variaciones que pueden presentarse en las formas de vivenciar los fenómenos eléctricos alrededor del funcionamiento de los circuitos eléctricos simples bajo diversas disposiciones, están ligadas a la capacidad humana limitada para discernir y tener conciencia de aspectos característicos de estos fenómenos. En ese sentido, se hace notorio que en un instante determinado cada estudiante puede estar vivenciando de manera diferente el fenómeno, por lo que, unos estudiantes estarán conscientes de unas relaciones entre los elementos del circuito eléctrico y otros estudiantes de otras relaciones. En esta propuesta se busca la convergencia de este tipo de relaciones percibidas por los estudiantes, de tal forma que se llegue a la comprensión del circuito eléctrico como un sistema físico no lineal.

Según Marton y Trigweell (citado por González, 2014), cuantos más aspectos de un fenómeno una persona sea capaz de discernir, más completa será su experiencia. Es así como las relaciones entre esas formas cualitativamente diferentes de experimentar los fenómenos eléctricos en torno al funcionamiento de los circuitos eléctricos simples, constituyen unas categorías de descripción que son organizadas de manera lógica y jerárquica, generando así un espacio de resultados que reflejan los modos de vivir la experiencia del fenómeno, es decir, esas categorías reflejan los niveles de comprensión (modelos mentales) alcanzados por los estudiantes. Tales resultados son denominados por Marton y Booth (1997) como el *producto del análisis fenomenográfico*.

Al respecto, hacer explícitas esas relaciones entre tales formas de vivir la experiencia del fenómeno, es una característica que distingue la fenomenografía de otros enfoques de investigación. Así que Marton & Booth (1997) describen tres criterios para desarrollar el espacio de resultados:

- ✓ Cada categoría debe reflejar algo distinto sobre el fenómeno.
- ✓ Las categorías han de estar lógicamente relacionadas, en una relación jerárquica entre ellas.
- ✓ El espacio de resultados ha de constituirse de manera tal que la variación de las maneras de vivir la experiencia del fenómeno sean capturadas por la menor cantidad de categorías posibles.

De esta manera, Marton y Booth (1997) afirman que “el espacio de resultados representa la variación en las formas colectivas de vivir la experiencia de un fenómeno; por lo que no constituye la descripción individual de la experiencia”. Así que la fenomenografía captura y describe la riqueza de la experiencia colectiva. Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que esas categorías de descripción son caracterizaciones empíricamente interpretadas de los aspectos claves de la experiencia, pero no son la experiencia misma.

En ese sentido, este enfoque brinda herramientas al docente para apoyar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, en el sentido que puede hacer uso del espacio de resultados para mejorar las prácticas educativas.

Ahora bien, como desde el enfoque fenomenográfico se trata de indagar la experiencia sobre un fenómeno, las personas incluidas en la muestra deben haber vivido la experiencia del fenómeno, así que el docente debe garantizar esa experiencia del sujeto; en este sentido para llevar a cabo esta investigación fue necesario propiciar la ampliación de la experiencia de los estudiantes alrededor del estudio y análisis de algunos fenómenos eléctricos y de los circuitos eléctricos simples, descritos en el capítulo 2 de este trabajo.

A medida que se avanza en la implementación de la secuencia de aprendizaje a través del desarrollo de la unidad didáctica diseñada, el docente, que es quien investiga en este caso, ha de tener cuidado con sus intervenciones, pues de no hacerlo, puede interrumpir la investigación. Al respecto, Marton y Booth (1997) aconsejan no hacer insinuaciones tales como: ¡...muy bien, así es...! ¡Uhhmm, no... qué me estás diciendo...! , incluso ha de tenerse cuidado con los gestos que se puedan hacer, los estudiantes sin duda, hacen lectura de ese tipo de “intervenciones”. Las preguntas de seguimiento pueden ser de la estructura: ¡...podrías explicarme más...! ¡...qué quieres decir con eso...! Ello con el fin de que el entrevistado (estudiante), reflexione sobre sus experiencias.

Respecto a la forma como han de analizarse los datos, Marton y Booth (1997) aconsejan:

- ✓ Que sean abordados con una actitud abierta.
- ✓ No se imponen categorías predeterminadas, las que se establecen son provisionales. Estas categorías serán probadas y ajustadas hasta que el sistema completo de significados se establezca.

- ✓ Es un proceso iterativo. Proceso continuo de clasificación y reordenamiento de datos.
- ✓ En algunas ocasiones, habrá investigaciones previas sobre el fenómeno de interés.
- ✓ Se buscan elementos comunes y diferentes entre transcripciones.

Ahora bien, teniendo ese espacio de resultados, ¿qué datos analizar?

- ✓ Debe enfocarse en aspectos referenciales (el qué) y en aspectos estructurales (el cómo), del fenómeno a estudiar.
- ✓ Ha de centrarse el interés en las similitudes o diferencias para resolver posibles inconsistencias o desacuerdos.
- ✓ Se recomienda iniciar el análisis con un paquete de transcripciones para generar categorías provisionales, y en el camino, se pueden ir incorporando otras transcripciones.
- ✓ Han de removerse las intervenciones que parecen irrelevantes, poco útiles o redundantes.

Finalmente, es importante resaltar que desde la investigación fenomenográfica, el experimento puede ser concebido como:

- Un medio para proveer información
- Un medio de indagación de explicaciones
- Un medio para apoyar el proceso de construcción de conocimiento.

Como se mencionó en el numeral 2.3, en esta investigación el experimento se considera como herramienta generadora de conocimiento.

3.3 Población y Muestra

Esta investigación se llevó a cabo en el Colegio Colsubsidio San Vicente I.E.D (CCSVIED), en el cual se cuestiona la pedagogía tradicional, que fomenta un proceso de aprendizaje en el que el estudiante es un receptor pasivo y, por lo tanto, asume el conocimiento como verdades acabadas, lo cual conlleva a un vínculo insuficiente entre el estudiante y su entorno. Con el ánimo de atenuar los aspectos negativos de la didáctica tradicional, en este colegio se vienen realizando proyectos que apuntan a mejorar las necesidades actuales de la sociedad. Estos proyectos buscan enriquecer la participación colectiva y consciente de los estudiantes, el desarrollo del

pensamiento crítico y de la imaginación, la formación de valores y la creatividad; implementando así como solución alternativa la pedagogía problémica definida por Majmutov (1987) en las décadas del 60 y 70 del siglo XX en la antigua URSS.

El colegio CSVIED ha implementado una secuencia de trabajo desde preescolar hasta grado undécimo en el que a través de los proyectos AVEC (Aula – Empresa – Vida – Comunidad) busca la formación de ciudadanos íntegros con una educación de carácter holístico a partir de la pedagogía problémica. Dentro de esta corriente de pensamiento, se rescata que el experimento propicia la construcción de conocimiento alrededor de conceptos como resistencia eléctrica, corriente eléctrica, diferencia de potencial y f.e.m, los cuales son necesarios para la construcción conceptual de la noción de circuito eléctrico resistivo simple. Es de notar que el experimento se diseña con la intención de problematizar el conocimiento, de manera que los estudiantes potencialicen la habilidad de pensar, más que de memorizar una lista de conceptos (productos científicos); para ello resulta indispensable que el docente conozca los contextos conceptuales y procedimentales bajo los cuales ha surgido el conocimiento científico.

En este contexto, se aplica la propuesta investigativa presentada en esta tesis a 40 estudiantes de grado undécimo, en grupos conformados por 4 estudiantes. Se organizan los registros de sus reflexiones para establecer categorías de análisis que permiten discernir las modificaciones de los modelos mentales de los estudiantes, a partir de la identificación de las variadas maneras de percibir y organizar los fenómenos eléctricos implícitos en el estudio de los circuitos eléctricos y su construcción conceptual.

CAPITULO IV. RESULTADOS

“Ninguno de nosotros es tan inteligente como todos nosotros juntos”

Proverbio Japonés.

Esta investigación resalta dos aspectos que se consideran fundamentales en el proceso de construcción del conocimiento en el aula; en primer lugar, el papel del experimento como herramienta generadora de conocimiento y, en segundo lugar la riqueza que brinda el trabajo colectivo frente a dicho proceso. Para ello, se considera importante retomar, en el momento de la implementación y de la sistematización, la preocupación que manifiesta Olive Pérez sobre la forma como se puede establecer un vínculo entre el “lenguaje teórico” y el “lenguaje” observacional”, y si existe esa posible relación, entonces ¿cómo es su relación?

En Marton y Booth (1997), llegar a la construcción de categorías de descripción derivadas de las diferentes maneras de vivir la experiencia o comprender un fenómeno por parte del grupo de estudiantes, conlleva a la construcción de un espacio de resultados, los cuales se han derivado de la recolección de información a partir de la aplicación de cuestionarios con preguntas abiertas y la socialización de las respuestas obtenidas.

Así que para organizar la información recolectada, fue necesario buscar elementos comunes y elementos diferentes en las respuestas de los estudiantes. Posteriormente se establecieron las categorías de análisis que eran provisionales mientras se probaban y se ajustaban hasta que el sistema completo de significados propuestos por los estudiantes llegó a estabilizarse.

En el análisis de esos resultados se centró el interés en aspectos referenciales (qué fenómeno estudiar) y aspectos estructurales (cómo estudiar el fenómeno), como lo plantean Marton y Booth

(1997). En este proceso, se fijó especial atención a las similitudes o diferencias que se presentaron al tratar de resolver posibles desacuerdos surgidos a la hora de explicar el funcionamiento de los circuitos eléctricos. Para ello es necesario resaltar que recordar o memorizar algo (conceptos) no implicaba una comprensión del fenómeno; situación que se evidenció constantemente en las intervenciones de los estudiantes del colegio CSVIED, al hacer uso de términos de manera no diferenciada dentro de sus modelos explicativos. En este caso, el docente direccionó el discurso de los estudiantes hacia la construcción de explicaciones que dieran cuenta de ¿qué sucede/qué perciben? y ¿cómo es posible que suceda?

De esta manera, en este capítulo se presenta la forma en que se organizaron los registros (escritos y audios) obtenidos en cada una de las etapas de la secuencia de aprendizaje, y el análisis de esos resultados desde las categorías establecidas para cada etapa, a partir de los contenidos conceptuales mencionados en la tabla 2.1 (ver pág. 43).

Aquí se exponen los registros (escritos) obtenidos de cada una de las sesiones que conforman la etapa a ser analizada; seguido de ello, se presentan las categorías de análisis establecidas para esa etapa, junto con los resultados obtenidos de dicho análisis.

Debido a que en los escritos se omitieron varias de las discusiones surgidas en el aula al desarrollar los diseños experimentales, se realizó una socialización en la que los estudiantes ampliaban sus modelos explicativos. Allí, la docente intervenía con el fin de direccionar a los estudiantes a un proceso reflexivo, en torno al significado que estaban atribuyendo a los conceptos¹¹ empleados. El propósito de exponer el registro de resultados de estos audios, es resaltar la forma como se trató de llegar a una negociación de saberes entre pares a lo largo de la implementación de la secuencia de aprendizaje. Y que de esta manera, en los registros de las siguientes sesiones (de la siguiente etapa), se evidenciara el fruto de esas discusiones.

De esta forma, los siguientes escritos revelan algunas modificaciones que se presentaron en los modelos mentales de los estudiantes durante el proceso de construcción (o re-significación) conceptual.

¹¹ Se espera que dejen de ser términos sin significado físico, sino que más bien estos conceptos vayan recobrando sentido y significado a lo largo de la secuencia.

Luego de exponer las discusiones surgidas a raíz de la socialización de cada uno de los grupos, frente al desarrollo de las sesiones que conforman la etapa inicial, en pro de ir construyendo significado a cada uno de los términos empleados (es decir, los conceptos); se continúa con la sistematización de los registros escritos de la siguiente etapa, en los que nuevamente se establecen las categorías de análisis que describen la evolución del discurso de los estudiantes (es decir, los modelos mentales) alrededor de la construcción conceptual del concepto de circuito eléctrico y otros conceptos asociados a éste.

En este capítulo se presentan sólo algunos de esos testimonios con su análisis correspondiente. Sin embargo, con el fin de dar a conocer todo el proceso, se invita al lector a revisar los anexos 1, 2 y 3 que describen en detalle todos los registros y las categorías de análisis establecidas para cada una de las etapas de la secuencia de aprendizaje.

El análisis de estos resultados, permite hacer lectura de la forma como los estudiantes van reconstruyendo el significado de los conceptos empleados por ellos, de los que inicialmente hacen uso de manera no diferenciada. En este sentido, es posible discernir algunos aspectos que los estudiantes logran identificar, organizar y caracterizar acerca de los fenómenos eléctricos abordados en esta secuencia, desde sus variadas maneras de vivir la experiencia de dichos fenómenos.

Frente a la exploración que se ha hecho acerca de las variadas maneras de vivir la experiencia de los fenómenos abordados, es necesario tener en cuenta los objetivos de cada una de las etapas que conforman la secuencia de aprendizaje, por lo que en la siguiente tabla se describen de manera general los objetivos de ésta, el número de sesiones, de actividades y de preguntas que se plantean en cada etapa para lograr tal finalidad.

Tabla 4.1 Objetivos y actividades de la secuencia de aprendizaje

ETAPA	OBJETIVO	SESIÓN	ACTIVIDAD	N° DE PREGUNTAS
1	Comprender el comportamiento eléctrico de la materia de manera que los estudiantes puedan construir modelos explicativos que den cuenta de las formas de conducir la electricidad y los efectos que se observan como consecuencia de esas formas de electrificar los cuerpos.	1A	1	1
		1B	1	3
			2	4
2	2	1	7	
2	Identificar condiciones que permitan caracterizar un fenómeno dentro de un contexto electrostático o electrocinético de manera que se favorezca la (re)construcción conceptual de los términos que han sido empleados como sinónimos en los modelos mentales de los estudiantes al dar cuenta de lo percibido a través de sus sentidos.	3A	1	12
		3B	1	5
		3C	1	9
		3D	1	8
3	Expliquen el circuito eléctrico como un sistema físico de manera que describa relaciones de interacción entre las variables que se han (re)construido durante el desarrollo de la secuencia.	4A	1	3

A continuación se presentan las abreviaturas empleadas para la transcripción de los resultados (tanto escritos como orales) obtenidos de la implementación de la secuencia de aprendizaje alrededor del estudio del circuito eléctrico, para realizar su correspondiente análisis.

P: Análisis o notas aclaratorias del docente respecto a la transcripción de los resultados.

P*: Intervención del docente.

G.1. Escrito del grupo 1, **G.2.** Escrito del grupo 2,... y así sucesivamente.

G.1* Intervención del grupo 1, **G.2*** Intervención del grupo 2,... y así sucesivamente.

/...*/* Comentarios.

Para ubicar estos testimonios en las tablas de categorías de análisis descriptivos y/o explicativos, se emplea la nomenclatura G^{AB} . El numeral ubicado en la base referencia al grupo que hizo la intervención, mientras que en el superíndice indica la actividad realizada y la pregunta correspondiente a esa actividad. Por ejemplo, 6^{24} hace referencia a la intervención del grupo número 6 en la actividad número 2 de la pregunta 4. Esta nomenclatura se empleó en cada una de las sesiones que conforman cada una de las etapas de la secuencia de aprendizaje.

Cabe resaltar que los porcentajes de las gráficas que describen algunos aspectos de los modelos mentales de los estudiantes en cada una de las etapas que conforman la secuencia de aprendizaje, son bajos ya que muchos de los registros evidencian que los estudiantes se quedan en descripciones de lo que perciben y en pocas se explica lo que sucede. Sin embargo, todos los registros se tuvieron en cuenta a la hora de analizar los porcentajes de incidencia de aspectos comunes frente a las maneras de vivenciar los fenómenos asociados a los procesos de electrificación de los cuerpos y el funcionamiento de los circuitos eléctricos resistivos. Además, es necesario tener en cuenta, que para la interpretación de las gráficas que describen de manera cuantitativa los resultados obtenidos en cada una de las sesiones que conforman las etapas de la secuencia de aprendizaje, se han empleado abreviaturas como S.1A, S.1B, S.2. Esta nomenclatura indica que los resultados de la gráfica corresponden a la sesiones 1A, 1B y 2 respectivamente.

4.1 Criterios generales en la organización y análisis de los registros para la etapa 1 de la secuencia de aprendizaje

La competencia que orienta el análisis de la implementación de la etapa 1, plantea que es necesario que los estudiantes comprendan el comportamiento eléctrico de la materia de manera que puedan construir modelos explicativos que den cuenta de las formas de conducir la

electricidad y los efectos que se observan como consecuencia de esas diversas formas de electrificar los cuerpos (Etapa 1).

En ese sentido, la estructura de la secuencia en las sesiones 1A, 1B y 2 (etapa 1), busca proveer el contexto conceptual, bajo las condiciones necesarias (mínimas) que favorezcan la indagación y comprensión de los factores que intervienen en la organización del fenómeno eléctrico alrededor de las formas de electrificación de los cuerpos. En ese sentido, el análisis de los registros escritos centra su interés en dos aspectos (ver tablas 4.2 y 4.3, págs. 109-110) que se consideran fundamentales para la comprensión del funcionamiento de los circuitos eléctricos simples de corriente continua:

Tabla 4.2 Modelos mentales de los estudiantes alrededor del concepto de carga eléctrica

Grupo descriptivo	Modelos mentales de la noción de carga eléctrica	Descripción del modelo
A ₁	Flujo de... Transferencia y/o conservación de...	Se explicita en los testimonios que hay un flujo de... (...carga, energía, electricidad). Se explica la electricidad como un fluido eléctrico, en términos de "...lo que gana un cuerpo, lo pierde el otro...". Este modelo acepta la transferencia y la noción de conservación de la carga.
A ₂	Almacenamiento de...	Se explicita en los testimonios que hay un almacenamiento de... (carga, energía, electricidad) "...Acumulación de..."
A ₃	Estados de (des)equilibrio de... Ganancia o pérdida de...	Se explicita en los testimonios que hay un equilibrio entre... (carga, energía, electricidad)
A ₄	Partículas: protones y electrones asociadas a "cargas positivas y negativas". "cargas	Se hace uso explícito de los términos y/o de los signos.

	diferentes”	
A ₅	Electricidad estática	Dentro de los modelos se atribuye la “culpa” de los efectos percibidos (atracciones o repulsiones) a esa electricidad estática, sin embargo carece de significado físico este término.
A ₆ **	Cantidad de electrificación	En los testimonios se insinúa que la electrificación es susceptible de ser cuantificada, al comparar estados de electrificación y comparar cambios en esos estados de electrificación. “...la carga va disminuyendo hasta volver al equilibrio inicial...”

Tabla 4.3 Modelos mentales de los estudiantes frente a los procesos de carga de los cuerpos

Grupo descriptivo	Modelos mentales frente a los procesos de carga de los cuerpos	Descripción del modelo
B ₁	Las atracciones y repulsiones se dan entre un cuerpo electrificado y otro no.	Se explicita en los testimonios que un cuerpo cargado atrae (o repele) un cuerpo que está “neutro”.
B ₂ *	Las atracciones y repulsiones se dan entre dos cuerpos electrificados.	Se insinúa en los testimonios que el cuerpo que estaba “neutro” en algún momento deja de estarlo para que se pueda atraer con otro cuerpo que ha sido electrificado mediante frotación.
C ₁	Se asocia los efectos de atracción con la electrificación de cuerpos entre sí por inducción y/o por frotamiento.	Se menciona en los testimonios que siempre que se acerca (únicamente) el cuerpo frotado a otro que no ha sido frotado siempre se ve que estos dos se atraen (se pegan-se juntan). En los testimonios se especifica que al acercar el cuerpo frotado y el material con el que se frotó se ven efectos de atracción entre ellos.
C ₂ *	Se asocia la electrificación por contacto de cuerpos entre sí, con	Se insinúa en los testimonios que al tocar un cuerpo que está electrificado por frotación con otro que no lo ha sido,

	efectos de repulsión.	entonces hay un rechazo entre los dos (repulsión).
D**	Se identifica que los procesos y cambios no se efectúan únicamente en los cuerpos materiales sino que el espacio existente entre ellos también es sede de cambios.	Se menciona en los testimonios que el medio afecta o interviene en esos procesos de electrificación (carga o descarga de los cuerpos).
E**	Enfatiza en la acción que ejercen agentes externos para electrificar un cuerpo.	Se menciona en los testimonios que “alguien” debe ejercer una acción sobre el cuerpo para que se electrifique.
F**	Emplean el concepto de diferencia de potencial para explicar el proceso de carga de un cuerpo. Esto sin que se identifique o asocie con la cantidad de carga que posea un cuerpo, sino con los procesos de transferencia de esa electricidad. Este proceso resulta de suma importancia a la hora de abordar los procesos de transformación de la energía en un conductor en el contexto de los circuitos eléctricos de corriente continua.	Se hace uso del concepto dentro de los modelos explicativos.

Los grupos A₁, A₂, A₃, A₄, A₅ y A₆**, de la tabla 4.1 (ver pág. 107), se ejemplifica la forma como los estudiantes han entretejido modelos mentales sobre el concepto de carga eléctrica, producto de su experiencia. Se espera que a medida que se desarrolla la secuencia de aprendizaje, los estudiantes basen sus descripciones y explicaciones en el grupo A₆**.

Respecto a la tabla 4.2, se describen aspectos que los estudiantes pueden llegar a “observar” desde la ampliación de su experiencia alrededor de las condiciones y procesos necesarios para que un cuerpo se pueda cargar (electrificar), además que dichas condiciones interfieren de manera directa en los efectos mecánicos que se puedan percibir (atracciones-repulsiones). Al

respecto, se espera que los estudiantes lleguen a una categoría descriptiva y explicativa nivel F**, retomando elementos de los demás niveles descriptivos (excepto B₁).

Teniendo en cuenta los aspectos a ser analizados dentro de los registros que han constituido el espacio de resultados correspondientes a la etapa 1 de la secuencia de aprendizaje (ver Anexo 1, pág. 144), se presentan los resultados del análisis de los datos de las tres sesiones correspondientes a esta etapa con el fin de observar la forma en que se fue presentando una reestructuración en los modelos mentales de los estudiantes alrededor del estudio del comportamiento eléctrico de la materia. Cabe resaltar que en esta etapa se busca inicialmente la (re)construcción de conceptos como el de diferencia de potencial y carga eléctrica, los cuales se consideran indispensables para explicar el circuito eléctrico simple como un sistema físico y no en términos de la adición de sus partes.

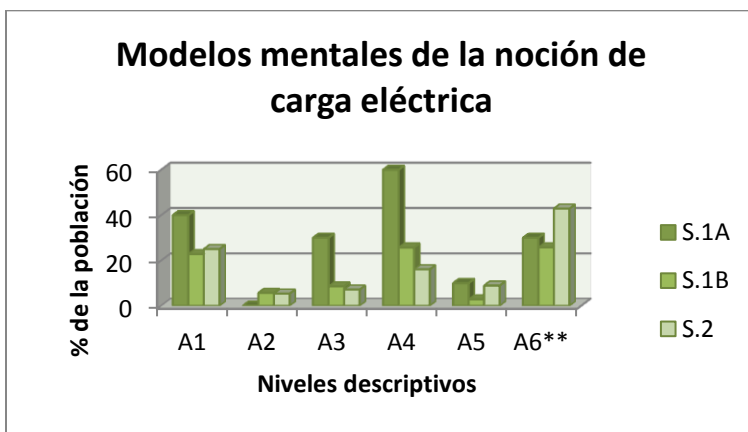
Es necesario recordar que para el análisis de los registros obtenidos en cada una de las sesiones que conforman la etapa 1 de la secuencia de aprendizaje, se tuvo en cuenta dos factores importantes a considerar:

En primer lugar, las tablas A1, A3 y A5 (ver págs. 147, 155, 164 respectivamente) se revelan aspectos importantes de la estructura de los modelos mentales de los estudiantes respecto a la noción que poseen de carga eléctrica. Los registros se obtienen de la implementación de la unidad didáctica (como producto de la secuencia de aprendizaje), y de las discusiones surgidas en el aula alrededor de la socialización de dichos registros. En esta etapa se pretende que los estudiantes se acerquen cada vez más al nivel descriptivo A₆** (asociación del concepto de carga, a un **estado que adquiere un cuerpo** respecto a su “cantidad de electrificación”).

En segundo lugar, las tablas A2, A4 y A6 (ver págs. 148, 155 y 165 respectivamente) revelan aspectos importantes de la estructura de los modelos mentales de los estudiantes respecto a los procesos de carga de los cuerpos, y por ende, sus variadas maneras de vivenciar la experiencia del fenómeno de electrificación de los cuerpos. Se espera que a través del trabajo experimental, los estudiantes tengan en cuenta (de manera más reflexiva) las condiciones de (des)equilibrio durante el proceso de carga y descarga de los cuerpos; y de esta manera, acercarse a la noción de diferencia de potencial desde el contexto electrostático.

Para ello es necesario que los estudiantes se alejen del nivel descriptivo B₁. Pues en este nivel de descripción, el estudiante centra su interés únicamente en el cuerpo que fue electrificado por frotación e ignora lo que sucede durante la interacción con el otro cuerpo y el medio. Es en este proceso de interacción, en el que los estudiantes pueden asociar el concepto de diferencia de potencial a un contexto electrostático, respecto a dos puntos del sistema cuerpo-medio-cuerpo.

Al hacer el correspondiente análisis de los registros se evidenció que, más que los estudiantes avancen o no de nivel de descripción, hay preguntas dentro de las actividades que favorecen en mayor o menor grado el acercamiento de los estudiantes a los objetivos planteados para cada etapa. Por lo que a continuación se presentan los niveles porcentuales que aportan cada una de las actividades y preguntas, a los propósitos de la etapa 1 de esta investigación (ver gráfica 1, pág. 113 y gráfica 2, pág. 116).



Gráfica 1. Niveles descriptivos de los estudiantes frente a la noción de carga eléctrica

Ante el propósito de que los estudiantes comprendan el comportamiento eléctrico de la materia, y en ese sentido que asocien la noción de carga a la cantidad de electrificación que presenta un cuerpo (nivel A₆** de la gráfica 1, pág. 113) en un instante dado y bajo ciertas condiciones, se evidencia que tan solo un 33% aprox. de los estudiantes se han acercado a la noción de carga de esta manera.

Por ejemplo, el grupo 10 se acerca a este nivel descriptivo A₆** solamente a partir de las preguntas planteadas en la actividad 2 de la sesión 1B.

10²¹ “ cuando colocamos el tubo en la mitad y antes de retirarlo, estos péndulos se acercan al tubo y **lo tocan**, luego de retirarlo los péndulos hacen una oscilación porque **quedan cargados de la misma forma** o positiva o negativa pero iguales, entonces tratan de empujarse y por el peso vuelven a “caer” y así se repite la oscilación varias veces **hasta que se acaba el efecto** por el medio que neutraliza las cargas de los péndulos”

10²⁴ Si unimos las cargas iguales o del mismo polo se repelen como lo pudimos ver en el experimento de las cintas. **Se puede ver el grado de conductividad**. El cabello transmitía como energía a la bomba al frotarla. O sea por la energía estática que se crea al frotar dos objetos.

Indicar que “el efecto se acaba”, y que se “puede ver el grado de electrificación”, implica la medida de esa cantidad de electrificación, aunque los estudiantes hagan uso de términos como el de efecto o grado de conductividad.

Por otro lado, se presenta el caso en el que hay grupos en los que se referencia este aspecto (cuantificación de la cantidad de electrificación) en las distintas actividades de cada una de las sesiones de la etapa 1. Por ejemplo el grupo 5:

5¹¹ “lo que observamos en este experimento es que cada elemento tenía su carga (positiva o negativa) así vemos como la bomba transmite electrones. A veces es más grande el efecto de atracción que otras, debido a que no se comparten bien las cargas, se van las cargas, **se baja la intensidad de la carga**. El aluminio coge la carga y la pierde la bomba por eso se da la atracción” (Sesión 1A).

5¹¹ “las cintas D y D se repelen. Las E y E se repelen más arto que las D o sea una repulsión. Y las D y E se atraen por el lado que no hay pegamento. Con el pvc **el efecto es más notorio** que con los otros materiales, como este se atraía a D y repelía a E, entonces creemos que se comporta como la cinta E, o sea que tienen las mismas cargas. El aluminio se comporta como D” (Sesión 1B).

5¹³ “el versorium **indica si la carga es nula** y no se mueve el aluminio, indica si tiene carga y el aluminio se mueve alejándose del cuerpo cargado” (Sesión 2).

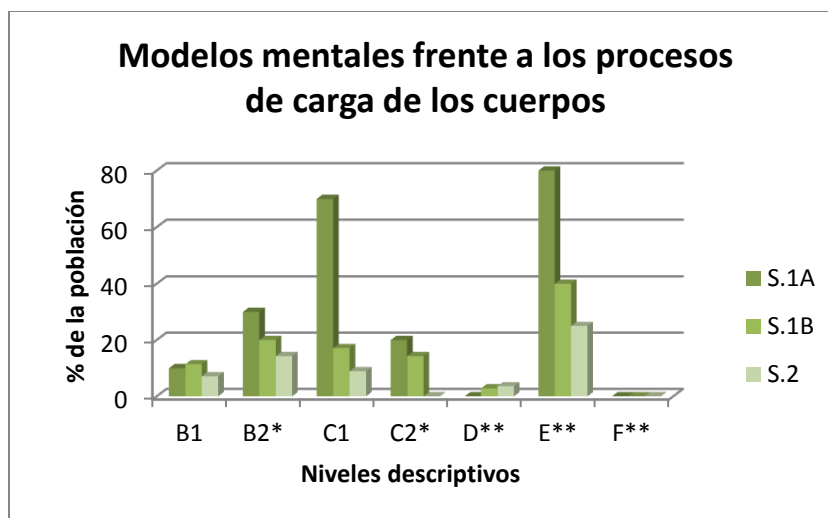
5¹⁵ “indica si los cuerpos **están cargados arto, poquito o nada** y se pueden electrizar por contacto o por inducción”

Es de notarse que los estudiantes centran su observación no sólo en los efectos (de atracción y repulsión) si no en la intensidad con que se producen, lo que muy seguramente les obliga a

pensar en las condiciones bajo las cuales se da tal variación. En ese sentido, atribuyen esa disminución en la intensidad de la “carga” a efectos de desbalances electrostáticos cuando afirman “*se van las cargas...*”. Dentro de su modelo explicativo asumen la transferencia de la carga y se acercan a la noción de conservación de la carga cuando dicen “*el aluminio coge la carga que pierde la bomba...*” en el testimonio 5¹¹. En ese sentido, según Marton y Booth, su experiencia es más completa, en el sentido que logran “observar” más “elementos” del fenómeno de electrificación de los cuerpos.

Por otro lado, al hacer afirmaciones como: “*se baja la intensidad de la carga*”, los estudiantes de alguna manera se acercan a la noción de la carga como una cantidad cuantificable de esos procesos de electrificación; bueno, más que de los procesos, de los estados que adquieren los cuerpos.

Debido a que uno de los objetivos de la etapa es dirigir a los estudiantes a la (re)construcción de los conceptos de carga eléctrica (como una magnitud que da cuenta de la cantidad de electrificación de un cuerpo) y diferencia de potencial (para explicar el proceso de electrificación de un cuerpo/medio), como se mencionó anteriormente; es de notarse que el concepto de diferencia de potencial suele no ser usado por ellos en contextos electrocinéticos. Así que, se considera necesario realizar una discusión alrededor de la socialización de los registros escritos de la Etapa 1, de manera que la docente dirija a los estudiantes al análisis de los aspectos que se han dejado de lado, como D** (considerar el medio en los procesos de carga) y F** (emplear el concepto de diferencia de potencial para explicar el proceso de carga de un cuerpo), (ver grafica 2, pág. 116). Además de hacer un trabajo más reflexivo del nivel descriptivo E** (considerar la acción de agentes externos en el proceso de carga de un cuerpo); esto sin ir a introducir términos de manera arbitraria.



Grafica 2. Niveles descriptivos de los estudiantes frente a los procesos de carga de los cuerpos

Por ejemplo, considerar el medio (nivel D**) es un factor importante para comprender el concepto de diferencia de potencial, pues éste es construido desde las relaciones de interacción entre el medio y el cuerpo electrificado. Y en ese sentido, han surgido discusiones al interior de los grupos que han desarrollado las actividades de cada una de las sesiones descritas hasta el momento, en las que han referenciado la influencia del medio frente a los efectos mecánicos percibidos por ellos (atracciones y repulsiones bajo diversas condiciones), y no solo la influencia si no la forma como esté también se ve afectado. Sin embargo, hasta el momento solo se ha visto un registro que rescata este factor importante.

Al respecto, resultan interesantes los aspectos que retoman os integrantes del grupo 10 para explicar lo que sucede con los péndulos de aluminio al colocar en medio de ellos un tubo de pvc que ha sido frotado previamente, y lo que sucede posteriormente al retirarlo.

10²¹ “cuando colocamos el tubo en la mitad y antes de retirarlo, estos péndulos se acercan al tubo y lo tocan, luego de retirarlo los péndulos hacen una oscilación porque quedan cargados de la misma forma o positiva o negativa pero iguales, entonces tratan de empujarse y por el peso vuelven a “caer” y así se repite la oscilación varias veces hasta que se acaba el efecto por el medio que neutraliza las cargas de los péndulos” (sesión 1B).

En primera instancia, resaltan que, como resultado de acercar un objeto que ha sido frotado se produce una atracción (no repulsión), es acorde con el nivel descriptivo B₁ puesto que no

especifican el estado en el que se encuentran los péndulos justo antes de producirse la atracción. Seguido de ello afirman que la repulsión que se da es producto del contacto que hubo entre el tubo de pvc y los aluminios (nivel descriptivo C₂). Como “quedan cargados del mismo signo” se repelen los péndulos de aluminio, sin embargo por el peso (efecto de la gravedad) tratan de volver a su posición inicial. Además, resaltan que este proceso se repite varias veces, y que esa cantidad de repeticiones se ve afectada por el medio, que es quien neutraliza los péndulos. Es decir que si el medio no influyera, tal vez los péndulos podrían continuar oscilando indefinidamente.

Respecto al nivel descriptivo F**, se dirigió a los estudiantes a la (re)construcción del significado de diferencia de potencial desde el contexto electrostático, a través de la discusión que tuvo lugar en el proceso de socialización de resultados de la etapa 1. Aunque no se evidencia en los registros el uso de éste término, si se logra la elaboración de explicaciones que describen condiciones de éste proceso. Lo cual se considera más importante, que el uso (sin significado físico) del término.

A continuación se presenta un segmento de dicha discusión (ver anexo 2, pág. 188).

P*: *bueno pero volvamos a lo que estábamos diciendo, hay atracciones o repulsiones bajo condiciones de desequilibrio, ahora bien ¿cómo es posible que sin tocarse los cuerpos se vean estos efectos?*

G.1*: *porque el aire transmite esa energía... energía eléctrica...*

P*: *Entonces, ¿qué es lo que está en desequilibrio? ¿Los dos cuerpos? ¿Los cuerpos o el medio? ¿O los dos?*

G.9*: *no, solo los cuerpos, el medio solo conduce la electricidad estática*

G.6*: *yo creo que el medio también tiene partículas positivas y negativas, entonces también se puede desequilibrar.*

G.7*: *...más bien el aire es el que neutraliza la bomba después de un tiempo... pero entonces el quedaría cargado con las cargas que recibió de la bomba...después de un tiempo todos vuelven a estar como al principio.*

P*: *Entonces, si el medio también se ve afectado, ¿todos los puntos del medio (ustedes llaman aire) ubicados entre la bomba frotada y el versorium están igualmente afectados?*

G.7*: *no... porque vimos que entre más cerca o más lejos estén la bomba y el versorium el efecto aumenta o disminuye, entonces el versorium nos permite medir (entre comillas) eso invisible y vimos que entre más cerca es más intenso y entre más lejos es menos intenso.*

G.4*: *yo creo que es como un imán, entre más cerca, más fuerte esa energía.... /* el grupo refuta*/... con un imán es distinto, bueno si tiene que ver la distancia pero eso es por un campo magnético y aquí no. El imán crea campos magnéticos, y aquí hablamos es de cargas no de polos.*

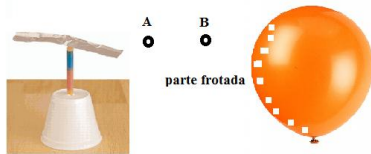
G.10*: *nosotros no podíamos ver si el medio se afectaba arto o poquito pero con el versorium sí, es como una lupa que agranda lo que no vemos, y con esa lupa veíamos que entre más cerca el medio está siendo más afectado.*

P*: suena muy interesante lo que menciona el grupo de Chilatra... y retomando ese aporte quiero preguntarles, ¿entonces hay una diferencia entre dos puntos cualquiera de ese medio, respecto a como se ve afectado por la bomba que se frotó, por ejemplo?

/*...silencio...*/

G.8*: ¿cómo así profe?

P*: me dicen que el medio (aire) se ve afectado de manera distinta, el medio que está más cerca de la bomba, más se afecta y entre más lejos, se afecta menos, y me dicen que eso lo pueden ver gracias al versorium que es como una lupa que nos deja ver lo que antes no veíamos, entonces si coloco una bomba frotada y quiero mirar la forma como se ve afectado el medio en dos puntos distintos, ¿se registra una diferencia?



Esquema dibujado en el tablero.

G.10*: no, en el punto B es mayor el grado de afectación del aire y en A es menor.

G.7*: hay una diferencia en la intensidad de la energía que hay en la bomba y en el aire y en el aluminio.

P*: ¿explícame eso?

G.7*: antes de frotar la bomba si se acerca al versorium no pasa nada porque están en equilibrio, no están cargados ni la bomba ni el versorium, o el electroscope... uhm... cuando se frota entonces se carga la bomba y adquiere una energía que transmite al aire, como el calor de una fogata, está en la fogata pero también en el aire que está cerca de la fogata, si nos alejamos el aire se siente más frío. Lo podemos sentir, aunque no lo veamos. Con la energía de la bomba no la vemos pero el versorium es como la lupa que deja “ver” lo que no veíamos y si está más cerca la energía eléctrica es mayor porque el efecto de atracción o repulsión es más fuerte, si está más lejos, es menor hasta que se aleje mucho que no pase nada.

P*: ¿la energía en ese punto es cero?

G.7*:... creemos que sí...

G.2*: sí, por eso no pasa nada con el versorium y cuando se le acabe esa energía a la bomba también va a ser cero en los puntos que están muy cerca de la bomba.

G.10*: no profe, la energía nunca va a ser cero... o si no estaríamos diciendo que la energía se destruye.

P*: Entonces ¿qué sucede?

G.2*: la energía se puede transformar no crear ni destruir.

G.7*: Ay profe ya sabemos que pasa... cuando frotamos el tubo la energía era térmica porque se calentó, pero rápidamente se convirtió en eléctrica y por eso se atraen los papelitos, entonces no es que se acabe sino que se está convirtiendo en otro tipo de energía.

G.8*: y ¿cuál?

/*Se presentan discusiones entre los grupos*/

G.4: podría ser otra vez térmica, estamos a temperatura ambiente, de pronto sube pero como es tan poquito no nos damos cuenta..*

G.8: no, debe ser en energía cinética y por eso se mueve el versorium*

G.7: o en energía potencial porque cuando se equilibran las cargas y el cuerpo queda neutro entonces ya no se mueven.*

P: ¿Están todos de acuerdo que hay transformaciones de energía?*

*/*Los estudiantes se miran unos a otros, la mayoría dicen que sí y sólo unos pocos quedan callados*/*

A partir del análisis de ésta discusión, otro aspecto de suma importancia que se tiene en cuenta y que se recomienda para futuras investigaciones, es propiciar espacios de indagación acerca del uso de términos que hacen los estudiantes. Por ejemplo, de la palabra “neutro” puede no tener el mismo significado físico para todos ellos, y por ende, el fondo de sus modelos explicativos pueden divergir a pesar de construir frases similares o incluso iguales. Por ejemplo, puede darse la siguiente situación en el aula de clases:

- Juanito: *“Los cuerpos se atraen porque las cargas dejan de estar en estado neutro”*

Para Juanito, no estar en estado neutro significa: “al frotar el tubo de pvc con lana **la cantidad de cargas positivas y negativas sigue siendo la misma**, pero ahora se están moviendo, por eso el tubo deja de estar en estado neutro”

- Pepita: *“Los cuerpos se atraen porque las cargas dejan de estar en estado neutro”*

Para Pepita, no estar en estado neutro significa: “al frotar el tubo de pvc con lana **la cantidad de cargas positivas y negativas deja de ser la misma**, por eso el tubo deja de estar en estado neutro”

- Ximena: *“Los cuerpos se atraen porque las cargas dejan de estar en estado neutro”*

Para Pepita, no estar en estado neutro significa: “al frotar el tubo de pvc con lana la cantidad de cargas positivas y negativas deja de ser la misma y además **comienzan a moverse porque antes de frotar el tubo no se movían**, por eso el tubo deja de estar en estado neutro”

- Luna: *“Los cuerpos se atraen porque las cargas dejan de estar en estado neutro”*

Para Luna, no estar en estado neutro significa: “al frotar el tubo de pvc con lana la cantidad de cargas positivas y negativas deja de ser la misma y además **comienzan a moverse más rápido porque antes de frotar el tubo se movían muy lentamente**, por eso el tubo deja de estar en estado neutro”

Pasar por alto lo que el estudiante quiere decir en cada una de las situaciones descritas anteriormente conlleva al docente a realizar una generalización en la que erróneamente podría afirmar, “los cuatro estudiantes presentan el mismo modelo explicativo” frente a uno de los aspectos a considerar dentro de los procesos de carga de los cuerpos.

A continuación se presenta algunos de los testimonios que ejemplifican situaciones como las descritas anteriormente.

G.7*: *todos los cuerpos están en estado neutro si no se frotran o algo así. Cuando los frotramos o acercamos a un cuerpo que había sido frotrado, dejan de ser neutros.*

P*: *¿a qué hacen referencia con que “estén en estado neutro”?*

G.7*: *que tienen igual número de cargas positivas o negativas.*

G.1*: *no, a que están en reposo, que están quietas... uhm...pero pueden ser más negativas o más positivas*

G.7*: *no, entonces ya no estaría en estado neutro. /*Refuta la afirmación de G.1*/*

P*: *¿qué opinan los demás grupos?*

G.7*: *opinamos lo mismo que ellos (G.7) porque neutro quiere decir que tienen la misma cantidad de cargas positivas que negativas. Cuando lo frotramos con la lana, o el algodón o con hojas o con otros materiales, entonces pierden electrones porque los átomos de esos cuerpos tienen electrones libres que se pueden desprender fácilmente, entonces cuando se frota el tubo de pvc se calienta y se liberan algunos electrones entonces queda con más carga positiva y el pelo o la lana con la que frotramos queda con más cargas de la otra (negativas).*

G.4*: *antes de frotrarlos están en equilibrio de número de cargas, después un material (el del cuerpo frotrado o con el que se frotó) queda con más electrones que el otro. O sea unos quedan como la cinta D y otros como la cinta E.*

Aun así, los testimonios se podrían escudriñar más a fondo, pero por condiciones de tiempo no es posible realizarlo de esta manera; sin embargo, resulta enriquecedora la experiencia de entablar un dialogo con los estudiantes respecto a cada una de las afirmaciones descritas anteriormente, pero sería como una utopía si se considerará hacerlo con las intervenciones de cada uno de los estudiantes. En ese sentido, se logra discernir en cierto grado algunos aspectos de la estructura de los modelos mentales de los estudiantes, no en su totalidad.

4.2 Criterios generales en la organización y análisis de los registros para la etapa 2 de la secuencia de aprendizaje

Dos competencias que orientan el análisis de la implementación de las etapas 2 y 3, plantean que:

- Es necesario que los estudiantes identifiquen condiciones que permiten caracterizar un fenómeno dentro de un contexto electrostático o electrocinético de manera que se favorezca la (re)construcción conceptual de los términos que han sido empleados como sinónimos dentro de sus modelos mentales para dar cuenta de lo percibido a través de sus sentidos. Es por ello que las categorías de análisis establecidas surgen de los modelos explicativos de los estudiantes en torno a la explicación del funcionamiento de circuitos eléctricos simples de corriente continua.
- Expliquen el circuito eléctrico como un sistema físico de manera que describa relaciones de interacción entre las variables que se han (re)construido durante el desarrollo de la secuencia.

De esta manera los niveles descriptivos de la tabla 4.4 (ver pág. 122), rescatan tres de los modelos mentales que poseen los estudiantes alrededor de la explicación del funcionamiento del circuito eléctrico simple. Estos niveles descriptivos hacen referencia a condiciones de transformación de la energía dentro y fuera de la batería, proceso que favorece la elaboración de explicaciones más completas sobre el funcionamiento del circuito; esto teniendo en cuenta que el objetivo de la tesis es estudiar el circuito como un sistema físico y no el circuito como la adición de sus partes. El otro nivel descriptivo retoma las condiciones de equilibrio y desequilibrio del sistema, es decir, plantea condiciones de balances energéticos entre la batería y el resto del circuito, pensándolos siempre como eso, un sistema. Y por último, se resalta las explicaciones alrededor de las transferencias de energía entre el sistema a estudiar, sea dentro del contexto electrostático (por ejemplo sesión 3B) o dentro del contexto electrocinético (por ejemplo sesión 3C).

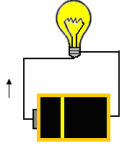
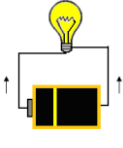
Tabla 4.4 Modelos mentales de los estudiantes alrededor de la noción de circuito eléctrico

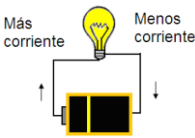
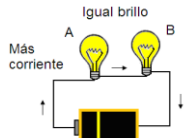
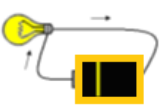
Grupo descriptivo	Modelos mentales de la noción de circuito eléctrico	Descripción del modelo
C ₁	Transformaciones de energía en el interior y exterior de la batería.	En los testimonios se hace referencia a transformaciones de energía en el interior y exterior de la batería.
C ₂	Balances de energía en todo el circuito	Explicación del funcionamiento del circuito en términos del balance entre la energía generada por una pila y la consumida por el circuito.
C ₃	Transferencias de energía	Explicación del funcionamiento del circuito en términos de transferencias de energía entre sus elementos.

Respecto a los niveles descriptivos registrados en la tabla 5 (ver pág. 122), los dos primeros niveles establecen una relación entre la corriente y la diferencia de potencial. IP₁ describe aquellos modelos mentales en los que los estudiantes atribuyen la “existencia” de una corriente a una diferencia de potencial entre dos puntos de circuito. Por el contrario, IP₂ atribuye una diferencia de potencial como la consecuencia de la existencia de una corriente eléctrica.

Respecto a los modelos de corriente, se enuncian 8 modelos (I₁ a I₈), que son los más recurrentes o usados por los estudiantes según los estudios señalados en el capítulo 2 de esta tesis. Sin embargo, en los registros obtenidos de los estudiantes del grado undécimo del Colegio Colsubsidio San Vicente IED, evidencian que ellos no emplean los modelos I₇ e I₉. Los más empleados dentro de sus modelos explicativos son I₅, I₆, I₈; pero en algunas ocasiones es difícil para el docente discernir si el estudiante se encuentra ubicado dentro del modelo I₆ o I₈, en el sentido que las direcciones de la corriente son las mismas en los dos modelos, pero no se explicita si la corriente se mantiene o se “consume” o “desgasta”. A continuación se describe de manera más amplia cada uno de estos modelos.

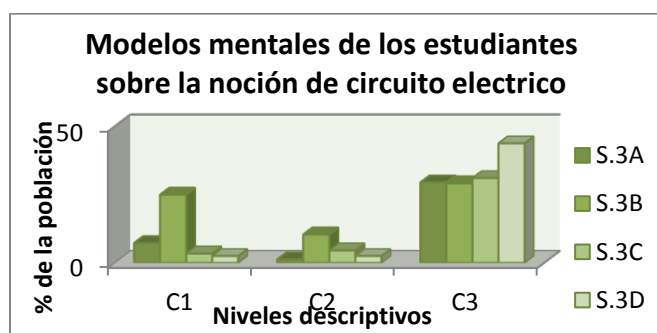
Tabla 4.5 Modelos mentales de los estudiantes alrededor del concepto de corriente eléctrica

Grupo descriptivo	Modelos mentales de la corriente eléctrica	Descripción del modelo
IP ₁	La corriente se debe a diferencias de potencial entre dos puntos del circuito.	En los testimonios se explicita que la corriente que se produce es debido a la diferencia de potencial entre dos puntos del circuito.
IP ₂	La diferencia de potencial se debe al paso de una corriente.	En los testimonios, los estudiantes atribuyen la diferencia de potencial como una consecuencia del paso de una corriente.
I ₁	La corriente eléctrica como un fluido material.	En los testimonios de los estudiantes se evidencia que se está asumiendo la corriente eléctrica como un fluido material.
I ₂	La corriente eléctrica como un movimiento de cargas.	En los testimonios de los estudiantes se evidencia que se está asociando la corriente eléctrica al movimiento de cargas a lo largo del circuito.
I ₃	La corriente eléctrica como la propagación de una perturbación.	En los testimonios de los estudiantes se evidencia que se está asumiendo la corriente eléctrica como la propagación de una perturbación.
I ₄	Modelo unipolar 	Este modelo presenta distintas variantes: el cable de retorno puede ser omitido o bien considerarse necesario, pero como elemento pasivo.
I ₅	Modelo concurrente 	La corriente sale por los dos terminales de la batería y se consume en la bombilla.
I ₆	Modelo de gasto de corriente	La corriente eléctrica circula en una dirección alrededor del circuito, debilitándose gradualmente. Los últimos componentes recibirán menos y la primera bombilla brillará más que la segunda aunque ambas sean iguales. Se interpreta entonces, que a la pila regresa

		<p>menos corriente que la que se suministra inicialmente, porque se gasta en la bombilla.</p>
I ₇	<p>Modelo de reparto</p> 	<p>En este modelo, que es también no conservativo, la corriente se reparte entre los elementos del circuito. Las dos lámparas iguales brillarán lo mismo. Aunque entre A y B hay menos corriente.</p>
I ₈	<p>Modelo conceptual</p> 	<p>La corriente es la misma en ambos cables y en la dirección que señalan las flechas.</p>

De acuerdo a los resultados de la implementación de la etapa N° 2 registrados en las tablas A7 y A8 (ver págs. 217, 218 respectivamente), las siguientes graficas describen de manera general algunos rasgos de los modelos mentales de los estudiantes alrededor del funcionamiento del circuito eléctrico simple. Cabe resaltar que en la sesión 3B, el diseño de la actividad tiene como propósito llevar al estudiante a cuestionarse sobre las formas en que un bombillo puede emitir luz, y analizar las condiciones necesarias para que la corriente sea estable.

En la gráfica 3 (ver pág. 124), se describe la frecuencia con que los estudiantes asociaron condiciones de transformación, balance y/o transferencia de energía dentro de sus modelos explicativos.



Grafica 3. Niveles descriptivos de los estudiantes frente a la noción de circuito eléctrico simple y su funcionamiento

Al respecto, se evidencian situaciones como las siguientes, que como se mencionó anteriormente, también poseen una estructura mental que puede ser enriquecida a partir de la implementación de secuencias de aprendizaje como la que se desarrolló en esta investigación.

En los siguientes registros **se habla del contacto entre las sustancias o materiales como una condición necesaria para generarse un proceso de electrificación de la materia** y por ende, la generación de una diferencia de potencial como condición para que se genere una corriente, que puede ser percibida a través de los sentidos. Además de **resaltar condiciones de (des)equilibrio eléctrico y transformaciones de energía** al elaborar modelos explicativos alrededor del funcionamiento de los circuitos eléctricos.

G.1. cuando realizamos este experimento colocamos en los vasos las arandelas y las monedas sin que se tocan entre ellas y agregamos una cantidad de vinagre determinada. Vimos que cuando se tocan las monedas con las arandelas entonces el multímetro marca un número mayor, o sea el voltaje o la potencia de ese montaje van aumentando. Cuando poníamos la lengua en los cables de los extremos sentíamos un poquito la corriente. La sentimos más fuerte si en lugar de los vasos poníamos la pila del celular con los cables en los polos positivo y negativo y los colocábamos en nuestra lengua también. Con los dedos se sentía solo si estaban mojados con vinagre. Para prender el led, nosotros solo usamos seis vasitos, otros grupos usaron más y a pesar de eso no les prendió, aunque marcarán más en el multímetro y usaran el led de nosotros.

En los tres experimentos todos actúan como circuitos siendo conductores el vinagre y los limones, en los cuales actúan la moneda y la arandela generando una energía la cual hace que el bombillo prenda.

Algunos ejemplos de experiencias más completas, debido a que discernen mayor cantidad de elementos (Marton & Booth, 1997), alrededor del estudio del circuito eléctrico, se señala en el registro de los grupos 2 y 3.

Los estudiantes del grupo 2 establecen por un lado, el contacto como condición necesaria para producir energía y emite hipótesis sobre la posible “separación de cargas debido a esa energía generada”. Por otro lado, plantean condiciones de equilibrio, en el sentido que lo que gana un metal es consecuencia de que el otro lo perdió.

G.2: creemos que pasa como dijo el grupo de Daniela García porque las cargas no se crean, ya están en los distintos materiales solo que en estado neutro, es decir la misma cantidad de negativas que de positivas, cuando se frota o cuando se colocan las monedas con las arandelas y se les coloca el papel con vinagre se produce una energía eléctrica que hace que también se separen las cargas como cuando uno frota cualquier material, entonces

la cantidad de electricidad que gana una moneda es porque la perdió una arandela, o al contrario. Por eso aumentan los voltios y ahí es cuando prende el bombillo.

Los estudiantes del grupo 3, recurren a modelos conceptuales (lo cual no indica directamente que comprenda lo que representa en sí el modelo) para explicar el proceso de separación de cargas. Establecen condiciones de equilibrio al colocar un “puente” entre la pila y el bombillo, por lo que se equilibra el circuito “quedando la misma energía dentro y fuera” de la pila. Por último, asocian tipos de energía a las percepciones que han rescatado del diseño experimental.

G.3. porque la pila tiene unas sustancias que hacen una reacción redox y eso hace que las cargas positivas y negativas se separen y al colocar unos alambres con unos bombillos se trata de equilibrar el circuito para que quede la misma energía dentro de la pila y fuera de la pila. Ahí hay tres tipos de energía, química por la sustancias, térmica porque se calientan los cables y el bombillo y eléctrica porque prende el bombillo. Esas energías se convierten todo el tiempo.

Se presentó también discusiones en las que se evidencia las distintitas maneras de percibir u observar la relación entre los elementos del sistema a estudiar. Por ejemplo, en el caso de la pila voltaica, ante el mismo hecho, por ejemplo generar luz en el led, surgían diversos modelos explicativos de los estudiantes se afirmaban cosas como:

- El vinagre suministra la energía necesaria para que prenda el led.
- Las arandelas son las que suministran la energía necesaria para que prenda el led.
- El limón es el que suministra la energía necesaria para que prenda el led.
- El conjunto arandelas, monedas y vinagre genera una energía para que encienda el led.
- Se produce un proceso de óxido reducción y por eso se cargan las monedas y arandelas generando así una energía que hace que prenda el bombillo.

Un testimonio que ejemplifica lo descrito anteriormente es:

G.9. al colocar de esta forma estos materiales se forma un circuito donde el principal productor de carga eléctrica es el papel humedecido con vinagre que transmite la energía a las monedas y arandelas, logrando funcionar el circuito.

Respecto a los procesos de electrificación sucede algo similar, mientras que algunos estudiantes consideran el medio dentro de los procesos de carga de los cuerpos, otros no:

G.4:* nosotros creemos que cargar significa ganar cargas o sea energía, entonces descarga significa perder las cargas, o sea perder energía, positiva o negativa, en cambio, corriente es el movimiento seguido de esas cargas negativas en los alambres para que llegue la energía al bombillo o lámpara. Pero como aquí no hay cables entonces no es corriente. En cambio la descarga no necesita cables, como cuando tocamos a alguien y le decimos que está eléctrico, es porque descarga su energía y vuelve al estado neutro. Claro que cuando se carga un cuerpo es necesario que otro se esté descargando, es decir, lo que pierde uno lo gana el otro y así las cargas tampoco se crean ni se destruyen sino cambian de posición por algunos momentos, por ejemplo cuando se frota algún material.

G.7:* por eso profe, porque los péndulos quedan cargados de la misma forma cuando los dos tocan el tubo y después de un rato (pequeñito) el aire coge parte de esa energía y los péndulos quedan equilibrados, entonces con la lámpara pasa lo mismo, unas cargas se van rápido para el bombillo y otras se las lleva el aire.

G.2:* no, creemos que el tubo no se descarga con el aire, sino que se descarga en la lámpara y por eso prende. Dura poquito porque es muy poquita energía eléctrica que se pasa al bombillo entonces el tubo no queda cargado y el bombillo prende pero se apaga instantáneamente.

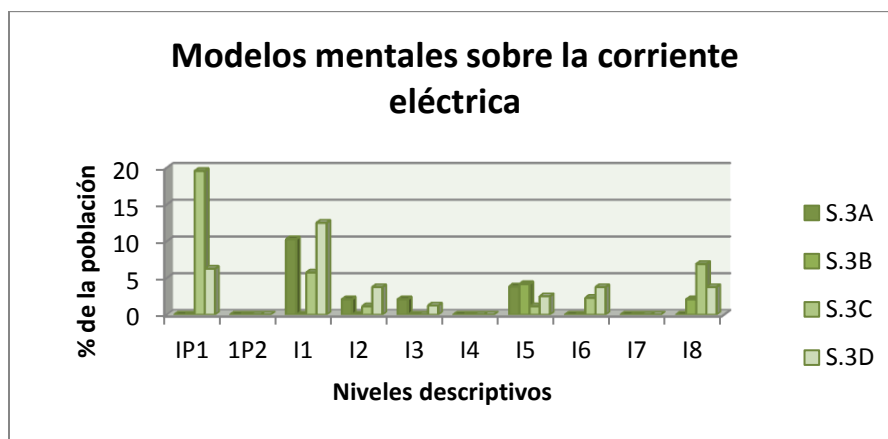
Respecto al hecho de cerrar un circuito, también se aprecian algunas variaciones enriquecedoras como se ejemplifica con los siguientes testimonios:

G.6. a Nicolás le cogió la corriente porque cerró el circuito con sus manos y cuerpo en lugar de la papa. Entonces esos materiales como son buenos conductores (unos más que otros) lo que hacen es cerrar el circuito. Los buenos conductores son malas resistencias y las buenas resistencias son malos conductores del paso de la corriente.

G.7. esos materiales son buenos conductores y además trataban de pegarse o soldarse con los cables al cerrar el circuito por medio de ellos. Funcionan como un interruptor.

En la gráfica 4, se describe la frecuencia con que los estudiantes establecen posibles relaciones de interacción (cualitativamente), entre la diferencia de potencial y la corriente eléctrica en un circuito eléctrico simple. Pocos estudiantes referencian dentro de sus modelos explicativos, la condición de que se debe generar una diferencia de potencial para que se pueda establecer un flujo de corriente eléctrica de manera continua (IP_1). Por otro lado, se presentan los modelos de corriente eléctrica más comunes en las explicaciones de los estudiantes sobre el funcionamiento del circuito eléctrico. Es de notarse, que en esta etapa de la secuencia no se encuentra ningún registro que emplee los modelos de corriente eléctrica como I_4 (modelo unipolar) o I_7 (modelo de reparto).

En la sesión 3B, no pretendía que los estudiantes emplearan algún modelo de corriente eléctrica dentro de sus modelos explicativos, ya que se analizan más bien procesos de descarga. Sin embargo, debido al efecto percibido (emisión de luz en una lámpara fluorescente), no era de extrañarse si lo empleaban. Pero, si se desprenden elementos importantes para establecer condiciones (analizar procesos) que permitan obtener un flujo de corriente de manera continua.



Gráfica 4. Niveles descriptivos de los estudiantes de la corriente eléctrica

A continuación se presenta algunos testimonios que ejemplifican la recurrencia frente algunos modelos de corriente eléctrica de los estudiantes:

IP1. La corriente se debe a diferencias de potencial entre dos puntos del circuito:

G.4: la corriente aumenta cuando se coloca la moneda, papel y arandela y entre más artos montoncitos, más marca la corriente en el multímetro.

G.5: la energía aparece cuando se coloca la moneda encima del papel y luego la arandela, pero se deben tocar los dos metales y como están cargados de manera distinta (positivo y negativo) entonces se genera la corriente que hace que el bombillo led prenda.

G.9: se debe hacer la torre de manera que se toque la moneda con la arandela y en medio el vinagre o limón y ahí se obtiene la energía que sea necesaria para prender el led.

Aunque los estudiantes no mencionan explícitamente que debe generarse una diferencia de potencial para que se produzca una corriente eléctrica, si evidencian que su experiencia se ha ampliado en el sentido que identifican procesos que antes no.

I₁. La corriente concebida como un fluido material

G.4. Lo que sucede es que prende el bombillo, pero esto sucede a partir de que las monedas, están humedecidas con vinagre haciendo o generando energía, luego, al conectar los cables con el bombillo estos encienden porque comienza a pasar la corriente de electrones

I₂. La corriente concebida como un movimiento de cargas

G.3: la pila, en este caso de limones o con vinagre, con sus polos correspondientes (arandelas y monedas) debe suministrar la energía necesaria para que los electrones se muevan por los cables hasta llegar al led.

I₃. La corriente concebida como la propagación de una perturbación

G.2. porque es como un “círculo cerrado” que tiene un comienzo y un final. En este caso el comienzo está en uno de los bornes de la pila y el final en el otro borne. La energía está en la pila y produce una perturbación que hace que los electrones se empujen hasta el otro borne.

I₅. Modelo concurrente de la corriente eléctrica

G.4*: nosotros creemos que cargar significa ganar cargas o sea energía, entonces descarga significa perder las cargas, o sea perder energía, positiva o negativa, en cambio, corriente es el movimiento seguido de esas cargas negativas en los alambres para que llegue la energía al bombillo o lámpara.

G.9*: pues en la lámpara la energía se queda ahí y el tubo de pvc queda sin energía, en cambio en el circuito la energía va de la pila a los dos cables hasta llegar al bombillo, sólo cuando se apaga entonces la energía vuelve otra vez a la pila. Bueno de pronto queda un poquito en el bombillo o en los cables.

I₆. Modelo de gasto de la corriente eléctrica

G.10: los cables llevan la energía de la torre al bombillo y del bombillo a la torre, vuelve solo la parte que no gastó el bombillo. Lo que hace la corriente es hacer un círculo y por eso se llama circuito, va y vuelve....

I₈. Modelo de corriente eléctrica que se acerca al modelo conceptual

G.2: todo el conjunto de monedas, arandelas y electrolito (limón o vinagre) generan la energía necesaria para que el bombillo encienda, los cables llevan esa energía por un lado hasta el bombillo y vuelve otra vez a la pila. Cuando llega al bombillo la energía se convierte en energía lumínica.

En cuanto a la relación entre corriente y resistencia que establecen los estudiantes, de manera cualitativa, se puede evidenciar que hacen referencia a la capacidad eléctrica de los diversos materiales en términos de buenos o malos conductores y o resistencias. Varios grupos han expresado a lo largo del desarrollo de la secuencia que los buenos conductores se constituyen en malas resistencias, y viceversa. A continuación se expone algunos de estos registros, a manera de ejemplo:

G.8. al conectar esos materiales el brillo del bombillo cambiaba, es porque unos materiales o sustancias hacen mejor el trabajo de dejar pasar la corriente. La resistencia de unos materiales es más grande que la de otros.

G.9. al conectar esos materiales vimos que unos son mejores conductores que otros. Los metales son los mejores y el almidón de la papa es conductor más pequeño porque no deja pasar toda la corriente.

G.10. notamos que esos materiales, todos, actúan como resistencias que se oponen al paso de la corriente. Por ejemplo el papel, la cerámica y otros se oponen completamente, o sea que son altas resistencias, en cambio los metales y ácidos tienen poca resistencia.

G.3. todos son conductores de electricidad, pero unos son mejores que otros, por lo que el circuito hacía que el bombillo prendiera de maneras diferentes. La intensidad variaba...el bombillo es como el versorium que hacía de lupa para ver lo que sucede y que nosotros no podemos ver. Por eso, el bombillo muestra que el circuito está afectado por cortar los cables y unirlos con otro material.

G.3. los cables puestos en solo sal o en solo agua no pasa nada, cuando comenzamos a agregar sal va aumentando la intensidad porque ella depende de la cantidad de sal, eso es oxidación-reducción. Con la papa: a mayor resistencia menor conductancia y viceversa. Con la mina es mayor la conductividad y menor resistencia.

Los anteriores testimonios evidencian que dentro de este contexto experimental, los estudiantes establecen relaciones entre la corriente y la resistencia de un circuito, pero ahora se hace teniendo en cuenta la función de la batería dentro del mismo. En ese sentido, no se analiza solamente la resistencia de la parte exterior del circuito (fuera de la pila), como se suele hacer comúnmente, sino que se analiza todo el sistema. Por lo que en las relaciones que ellos establecen, identifican y analizan lo que sucede con todo el circuito al modificar tan solo uno de sus elementos.

Aunque el nivel descriptivo (y en algunos casos explicativo) de los estudiantes respecto al funcionamiento de los circuitos eléctricos aborda en pocas ocasiones los modelos explicativos

descritos anteriormente, no por ello dejan de ser enriquecedoras sus maneras de vivenciar la experiencia respecto a los fenómenos eléctricos considerados frente a la explicación del funcionamiento del circuito eléctrico. Igualmente sucede con los modelos de corriente eléctrica que persisten en los estudiantes. Luego de la discusión en el aula de clases, se piensa que se ha avanzado, sin embargo en la siguientes sesiones vuelven a salir a flote esos modelos explicativos que quisieran dejarse, ya que conllevan a los estudiantes a plantearse concepciones erróneas y que por tanto retarda el proceso de ir en camino hacia la construcción de modelos conceptuales actuales, desde el contexto de la ciencia escolar.

En ese sentido, estos testimonios evidencian que a través del experimento y el trabajo cooperativo se realizan procesos de construcción del conocimiento en el aula, en el sentido que propicia el desarrollo de habilidades de pensamiento y de prácticas discursivas, en donde es necesario escuchar al otro y establecer en ese sentido un diálogo de saberes. En ese sentido no se muestra el aprendizaje bajo un contexto en el que se establece una colonización del saber científico escolar (por el docente o libros de texto u otras fuentes de información), sino que es un proceso en el que éste se construye de manera colectiva.

Por ejemplo, en los testimonios descritos anteriormente se evidencia que unos estudiantes son conscientes de unas relaciones entre variables del sistema, mientras que otros tal vez no perciben, o más bien observan esas, pero si otras. Y en ese sentido se amplía el proceso de construcción del conocimiento en el aula.

4.3 Criterios generales en la organización y análisis de los registros para la etapa 3 de la secuencia de aprendizaje

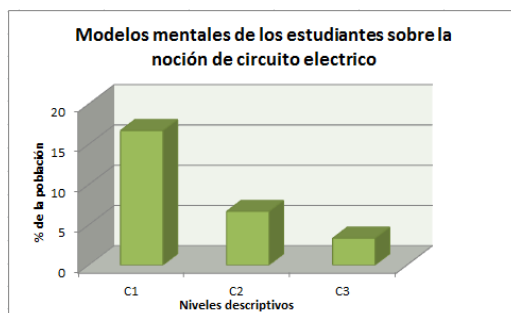
En esta etapa, se realiza el análisis de los registros haciendo uso de las tablas usadas en la etapa anterior, debido a que los objetivos son los mismos. A través de las preguntas formuladas en la sesión 4, se buscaba analizar algunas de las modificaciones presentadas en los modelos mentales de los estudiantes al hacer uso de los conceptos de corriente, resistencia y diferencia de potencial al explicar el funcionamiento de los circuitos eléctricos bajo distintas disposiciones (serie y

paralelo). Para ello es necesario analizar sus formas de hablar en esta última etapa de la secuencia.

A continuación se presenta los resultados obtenidos de las tres preguntas formuladas en la sesión 4, en la que se halló 30 registros escritos. Diez de cada una de las situaciones planteadas.

El tercer interrogante buscaba extraer los elementos que retomaron los estudiantes de las sesiones anteriores. En ese sentido lo que se esperaba era una descripción amplia de lo que ellos consideran que es un circuito eléctrico y los aspectos y/o procesos que han considerado como importantes para dar cuenta del sistema. Además de la manera en que establecieron relaciones entre las magnitudes físicas que describen el funcionamiento del circuito eléctrico de corriente continua. Teniendo presente, que el objetivo de la secuencia de aprendizaje era lograr la (re)construcción o (re)significación de los conceptos de carga eléctrica, diferencia de potencial, resistencia y corriente eléctrica.

Como se evidencia en la gráfica 5 (ver pág. 132), los estudiantes recurren más a modelos explicativos basados en las transferencias de energía en el sistema (circuito), situación que se ha visto de manera constante a lo largo de la secuencia (C_3). El aspecto que es menos considerado o más bien expresado, son las condiciones de balances energéticos para explicar los procesos que se dan al interior y exterior de la batería (C_2). Respecto a los modelos explicativos que recurren al modelo de transformaciones de energía en el circuito (C_1), se evidencia en los registros que a lo largo de la secuencia y como fruto de las discusiones surgidas en el aula, cada vez se iba adoptando este modelo por algunos estudiantes.



Grafica 5. Niveles descriptivos de los estudiantes frente a la noción de circuito eléctrico simple y su funcionamiento

Algunos testimonios que hacen uso de los modelos indicados en C₁, C₂, C₃, se presentan a continuación:

G.7. Un circuito es la disposición de varios elementos y que al cambiar solo una de esas piezas, se ve afectado todo el circuito, a veces se puede notar con la intensidad de la luz de los bombillos, pero a veces a través de sensaciones que podemos sentir con nuestros sentidos como la lengua.. y si no, podemos usar instrumentos que nos pueden hacer como una lupa de lo que pasa en cada una de esas partes.

Por ejemplo, la pila que dibuja el profe Diego en los circuitos es la que genera la energía que necesita el circuito, las pilas tienen por dentro materiales como las que hicimos nosotros cobre (monedas), zinc (arandelas) y algún electrolito (limón, vinagre, agua con sal, etc...) y eso provoca unas reacciones que separan las cargas para que queden las positivas a un lado y las negativas al otro. El grado de electrificación de la pila depende de los materiales que se usan para construir la pila, pues unos son mejores conductores que otros. Por fuera de la pila también se pueden poner otros conductores que son buenos, o sea malas resistencias y la energía se suministra por medio de ellos y ahí se transforma para volverse en energía lumínica y si es mucha, a veces también el térmica. La corriente va de un extremo de la pila (monedas) y llega al otro (arandelas). La corriente que pasa depende del voltaje de la pila y el voltaje depende de los materiales de la pila.



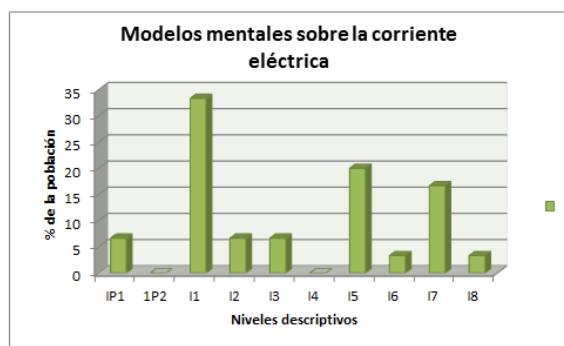
Este modelo explicativo se considera uno de los más completos, en el sentido que referencia condiciones de transferencia y balance energético en el circuito, además de la representación gráfica que se acopla muy bien a lo descrito en el párrafo anterior, en algunas ocasiones se suele expresar una cosa con los esquemas y otra muy distinta con las afirmaciones. Sin embargo, se observa que en este caso no es así, se refleja total coherencia entre el modelo argumentativo y la representación gráfica.

El grupo 9 también resalta procesos que se dan en el circuito como sistema. De esta manera no se describe el circuito como un conjunto de adición de elementos, sino como un sistema físico en el que se tiene en cuenta las variaciones que puede ocasionar en él, al realizar alguna sustitución de tan solo uno de sus elementos.

G.9. Un circuito es un conjunto en donde la energía de la pila de monedas y arandelas (o cualquiera) se suministra al bombillo para que encienda, pero ahí es donde se transforma la energía eléctrica en lumínica. La corriente pasa porque la pila tiene un voltaje que se crea por las reacciones que se dan por el vinagre o el limón y las monedas y arandelas, porque se oxidan y se forma una energía como cuando frotamos la bomba, a un lado las cargas positivas y a otro lado las cargas negativas. Si cambiamos las arandelas por papel aluminio el voltaje

disminuye y la corriente que pasa es más débil y se puede ver con el brillo del led o sentir con la lengua o los dedos mojados con vinagre.

La gráfica 6, concluye resaltando que los modelos IP₂ e I₄, definitivamente no tuvieron lugar dentro de los modelos explicativos de los estudiantes de grado undécimo del colegio Colsubsidio San Vicente IED, sin embargo se sigue recurriendo a los demás modelos, que en cierta medida les impide llegar a la construcción conceptual de la corriente eléctrica bajo el modelo actual (I₈). Sin embargo, si se analiza los resultados obtenidos y organizados de acuerdo a las categorías descritas en la tabla 4.5 (ver pág. 123), se notará que hay estudiantes que “saltan” entre un modelo y otro, de corriente eléctrica.

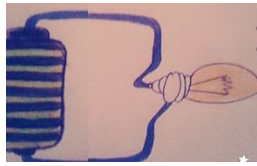


Grafica 6. Niveles descriptivos de los estudiantes de la corriente eléctrica

En cuanto a los niveles descriptivos adoptados por los estudiantes frente a la producción de una corriente eléctrica de manera continua se encuentra testimonios como el siguiente:

G.2. *Un circuito es como una organización donde se puede mover algo de forma cíclica, como un círculo mejor dicho. O sea que inicia en un lugar y vuelve ese lugar, y se repite y se repite y se repite.... La corriente es la que va y vuelve, la misma que va, esa misma vuelve. La pila esta como electrificada adentro entonces tiene una parte más positiva que la otra, y todo lo de la parte negativa intenta irse a la parte positiva, y como no tiene por donde, entonces para eso es el circuito, que le permite a eso negativo circular (o sea la corriente). Hasta donde se interrumpa o corte el circuito, la segunda hasta donde encuentra obstáculos, si es muy grande ya no puede circular más (por la resistencia), si la resistencia es muy grande, entonces la corriente no puede pasar por eso un bombillo de 120V no prende con una pila de las que hicimos porque eran de 4,5V máximo. Y la otra opción es hasta que queda en equilibrio todo por dentro de la pila. O sea hasta que ya hay igual de cargas negativas y positivas en los bornes de la pila, ahí deja de pasar corriente.*

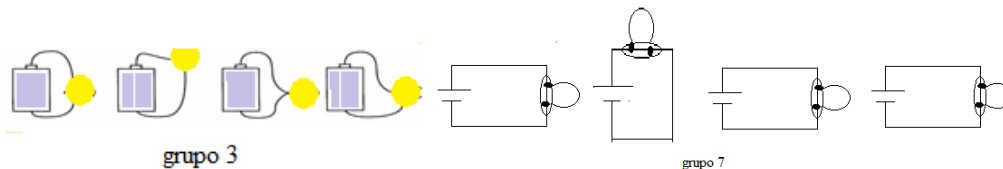
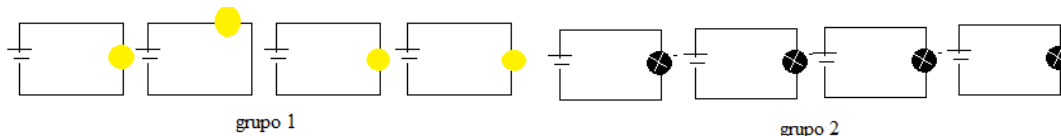
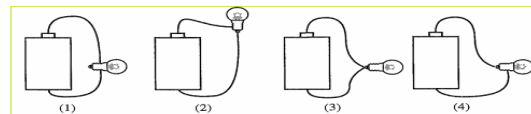
En cuanto a la forma de ubicar los elementos bajo ciertas disposiciones y la forma de hacer representaciones de ellos, se encuentran explicaciones como las siguientes:



G.8. *Un circuito es un arreglo en el que se tiene que tener cuidado la forma como se conectan los elementos. Cuando no hay roseta sino sólo el bombillo, entonces los cables deben tocar dos partes distintas del bombillo, pero que sean conductoras de electricidad.*

Por ejemplo la rosca y la parte de bajo de la rosca metálica. De lo contrario hacemos corto. La pila le da de su energía al resto del circuito, a los cables y a los bombillos. La intensidad de la luz también depende de cómo se conecten los cables, en serie o en paralelo. En serie se reparte la corriente para todos y por eso prenden menos.

Ante la situación problemática de representar el siguiente diagrama, los estudiantes expresaron la dificultad de establecer diagramas estándar para los cuatro bombillos, con la condición de no omitir detalle alguno en la conexión de los cables al bombillo.



G.4*: *profe no sabemos, es que como hacemos para diferenciar el punto donde llegan los cables al bombillo, es que en esos diagramas todos los bombillos se pintan igual. Ni siquiera se puede diferenciar si prenden arto o poquito o si pasa harta o poquita corriente.*

G.5*: *profe, todos quedan igual.*

G.10*: *...solo se diferencian porque unos cables son más largos y otros más cortos. Además unos bombillos están arriba y otros abajo. Tocaría dibujar los cuadros de los diagramas estándar de diferentes tamaños.*

Esta situación suele ignorarse comúnmente en el aula de clases por lo que los estudiantes terminan repitiendo cierta cantidad de información, incluso representaciones gráficas, dejando así de lado, situaciones como las mencionadas anteriormente, que si dejan de ser ignoradas en el aula, favorecerán el proceso de aprendizaje de los circuitos eléctricos.

CONCLUSIONES

En esta investigación se ha expuesto cómo a lo largo de la historicidad del desarrollo científico, los conceptos de diferencia de potencial, carga eléctrica, resistencia, f.e.m. y corriente eléctrica, pasaron por unos procesos de modificaciones debido a situaciones que se presentaron dentro de ciertos contextos conceptuales, procedimentales y experimentales. Los modelos iniciales de estos conceptos, se vieron confrontados en el sentido que no podían ser explicados desde los modelos válidos en ese momento. Es decir, estos conceptos han sido cambiantes en el tiempo; en ese sentido, son propios de un contexto, son representaciones de unas formas de pensamiento que han sido aceptadas hasta que han logrado dar cuenta de los hechos que surgen hasta este momento. Pero son eso, un constructo colectivo, social, en el que se ha partido de unos supuestos¹² que han sido modificados. Razón por la cual no se debería impartir una imagen de ciencia como una actividad aproblemática, desligada de un contexto, ajena al ser humano, tal y como se planteó en el capítulo 1 de este trabajo.

Por esta razón, el docente como agente que dirige los procesos de aprendizaje de las ciencias (específicamente desde el contexto del estudio de los circuitos eléctricos), debe considerar el aula como un sistema de interrelaciones sociales, culturales e ideológicas; razón por la cual, los modelos mentales de los estudiantes son producto de la influencia de dichos contextos. Es decir, los estudiantes observan a partir de su experiencia, ellos no llegan con una mente en blanco en la que se puede escribir una nueva información sin conexión alguna a situaciones anteriores, tal y como se mostró en el capítulo cuatro de esta investigación. Ellos poseen unas maneras particulares de observar y de hablar de su entorno, y esas maneras de hablar permiten al docente discernir en cierto grado algunos rasgos de los modelos mentales de los estudiantes.

En el numeral 4.1, se ilustró una situación muy particular (ver pág. 118), en la que, a pesar de que los estudiantes construían la misma oración, su modelo explicativo difería en varios

¹² Con ello quiero decir que comparto el punto de vista en el que considero que la observación y todo proceso de pensamiento implica una carga teórica, aunque esta se da en diferentes grados, y ello debido a la experiencia del sujeto que observa e investiga. Además del interés por lo que desea conocer, de lo contrario podría quedarse en “ver” únicamente.

aspectos. Situación que conlleva al docente a reflexionar sus procesos evaluativos, en el momento que generaliza los resultados de los procesos de aprendizaje en el aula. Sin embargo, cuando se reduce el estudio de los circuitos eléctricos al desarrollo de algoritmos, estudiándolo de manera muy general, sin analizar los procesos físicos (incluso químicos) que suceden en todo el sistema, no resulta arbitrario el generalizar los resultados de los estudiantes; pues en este caso, lo que interesa es el resultado del valor numérico arrojado y el desarrollo del algoritmo de manera adecuada (siguiendo reglas desde el lenguaje matemático). En ese sentido, si todos los estudiantes obtienen el mismo resultado (correcto), todos caben dentro de la misma “categoría evaluativa”, por lo que el docente podría afirmar sin ningún problema, “todos los estudiantes llegaron al mismo nivel de comprensión”, pero en este caso la palabra comprensión estaría asociada al hecho de seguir un proceso repetitivo y no tan reflexivo (desde el contexto de interpretación física del sistema).

En ese sentido, es que se planteó como eje central de esta investigación, el experimento como herramienta generadora de conocimiento frente al estudio de un sistema físico complejo (el circuito eléctrico de corriente continua). Y esto, en el sentido de que el ser humano aprende de lo que vivencia, no (significativamente) de las experiencias de los demás.

A partir del análisis de los registros obtenidos de la implementación de la secuencia, se observa que a pesar del uso cotidiano de las pilas eléctricas, los estudiantes ignoran los procesos que se dan al interior de ella y su rol dentro del circuito, por lo que sus apreciaciones respecto al funcionamiento del mismo, no logran superar los niveles descriptivos. A partir del desarrollo de la secuencia, se puede apreciar como los estudiantes fueron avanzando en sus niveles explicativos, logrando así salir de las meras descripciones.

Dentro de ese proceso, los estudiantes avanzan en su proceso de aprendizaje a partir de las situaciones que les resultaban problemáticas, en el sentido que se veían confrontados en muchas ocasiones sus modelos explicativos, bien sea por sus compañeros, o por el mismo proceso de autorreflexión en torno a las apreciaciones que hacían de las condiciones bajo las cuales se daba cierto fenómeno y los resultados obtenidos, los cuales en varias ocasiones no eran los esperados por ellos.

Una de esas situaciones confrontantes para los estudiantes era cuando ellos mismos notaban la poca comprensión de los conceptos empleados, inicialmente empleaban los conceptos de corriente, electricidad, carga y energía, entre otros de manera indiferenciada, estaban en una posición de confort. No veían inconveniente alguno. A medida que avanzan en la construcción de explicaciones, comienzan a notar que algunos conceptos no cabían en ciertos contextos procedimentales y experimentales, por lo que se presentaban discusiones “consigo mismos” sobre la coherencia de sus modelos explicativos.

Es así, que las relaciones que se dan en el dialogo de saberes entre pares, dan cuenta de la forma en que evolucionan los procesos de (re)construcción conceptual desde el contexto experimental, y a partir de este, las variadas maneras de vivir la experiencia del fenómeno que se pueden llegar a discernir. Estas vivencias, involucran los diversos contextos en los que se desenvuelven los estudiantes. Concebir el experimento como herramienta generadora de conocimiento, a logrado aportar elementos significativos en la ampliación de los fenómenos eléctricos y de su comprensión.

De esta manera, el análisis de los registros desde el enfoque fenomenográfico, ha enriquecido el proceso, en el sentido que se abordan los fenómenos desde la posición de los estudiantes, es decir, desde la descripción que ellos realizaron sobre sus experiencias. Y a partir de estos resultados, se pudo evidenciar que hay modelos explicativos de los estudiantes, que saltan entre uno y otro modelo, por lo que se propone para futuras investigaciones analizar si estas variaciones se deben al contexto experimental o a la influencia del discurso entre pares. O por otras condiciones que hasta el momento, tal vez, no han sido tenidas en cuenta.

Sin embargo, ante el objetivo de superar los niveles descriptivos frente a la disposición del circuito eléctrico como un sistema físico, resultó favorable el hecho de recrear algunos de los experimentos realizados por Volta (Pila y Corona de tasa), ya que se evidenció que los estudiantes lograron superar sus niveles de descripción al interactuar de manera directa con el circuito. De esta forma, pudieron así establecer las condiciones bajo las cuales funciona un circuito real y uno ideal.

Inicialmente los estudiantes centraban la observación en la intensidad o brillo de la bombilla y la forma como se lograba encender. A medida que avanzan en el desarrollo de la secuencia, logran

establecer comparaciones con las representaciones que suelen aparecer en los libros de texto, notando la dificultad que conlleva el llevar la representación de un circuito físico “real” a una representación abstracta. Por lo que manifiestan los inconvenientes que se presentaron al tratar de expresar por medio de tales diagramas, las conexiones correctas del alambre conductor con la roseta o el bombillo, por ejemplo. Además de la forma en que influía la longitud y grosor del alambre conductor en un circuito real, aspectos que no se diferencian en esas representaciones gráficas y que además se suelen ignorar en el aula.

La investigación presentada en este trabajo, ha resultado enriquecedora, no solo para los estudiantes, ya que ellos no eran los únicos que estaban en el escenario escolar como actores pasivos, también la docente, en el sentido que estaba transmitiendo información que no había sido reflexionada desde el análisis histórico - filosófico de los conceptos que deseaba “enseñar”.

En ese sentido, se extiende una invitación a los docentes de Ciencias Naturales a fortalecer procesos reflexivos en torno a cómo se observa, se asimila y se traduce esa información representativa de una situación física. De lo contrario se puede seguir cayendo en el error de observar el circuito de manera superficial, por ejemplo el pensar en la batería, el bombillo, el interruptor, incluso los alambres conductores sin salir de una mera descripción.

Frases como: “la batería hace encender el bombillo”, “el bombillo prende por la electricidad”, “el voltaje es la corriente que enciende el bombillo”, ponen de manifiesto confusiones entre los términos de corriente, voltaje y resistencia. Son afirmaciones con las que se encuentra el docente en el aula, las cuales pueden ser superadas o profundizadas a partir de la actividad experimental. De esta manera, los estudiantes comenzarán a encontrar nexos entre esa información que alguna vez han recibido de algún tipo de fuente.

En síntesis:

- La historicidad permite una selección y organización adecuada de las etapas y actividades propuestas.
- El análisis histórico de la construcción teórica y experimental de un concepto, brinda elementos importantes para el diseño de secuencias de enseñanza que propendan por un aprendizaje significativo del mismo.

- La puesta en escena de los elementos históricos y experimentales, junto con otros, les dio sentido en la construcción del conocimiento.
- La identificación de las demandas de aprendizaje, permitió, la inmersión de los estudiantes en el lenguaje de la ciencia escolar relacionado con los fenómenos eléctricos y los conceptos abordados, contribuyendo en la ampliación de sus modos de hablar
- Las condiciones curriculares y de infraestructura de cada institución influyen en la manera como los estudiantes se aproximan a la secuencia.
- La secuencia de enseñanza, dio lugar a un enriquecimiento del lenguaje de los estudiantes para la construcción de explicaciones a los fenómenos eléctricos.
- El poner a disposición de los estudiantes, cuantos más elementos relevantes sea posible acerca de la totalidad de un fenómeno, contribuye en la manera como ellos se aproximan a este.

BIBLIOGRAFIA

Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. *Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Pro-Posições*, 17(1), 19-37.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1999). *Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia*. (P. Manzano, Trans.) España: Ediciones Morata S.L.

Fernández, M., Guisasola, J., & Montero, A. (2005). ¿Cómo se presenta el concepto de fuerza electromotriz? Visiones distorsionadas de la electricidad en los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias (Extra, VIII Congreso)*.

Ferreiros, J., & Ordóñez, J. (2002). Hacia una Filosofía de la Experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.

Furió, C., & Guisasola, J. (1997). Deficiencias Epistemológicas en la Enseñanza Habitual de los Conceptos de Campo y Potencial eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(15), 259-271.

Furió, C. & Guisasola, J. (2001) La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. Recuperado de: <file:///C:/Users/W7-0S/Downloads/21750-21674-1-PB.pdf>

Furió, M. & Furió, G. (2009) ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socio-constructivista? Recuperado de: [file:///C:/Users/W7-0S/Downloads/pdf1117%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/W7-0S/Downloads/pdf1117%20(1).pdf)

García, Edwin. (2012). Análisis histórico-crítico del fenómeno eléctrico. Hacia una visión de campo Grupo de investigación Ciencia, Educación y Diversidad. Tesis Doctoral. Publicaciones de la Universidad del Valle Cali – Colombia.

Garzón, I. (2012). El concepto de fuerza electromotriz en cursos introductorios de Física en la universidad: Dificultades de aprendizaje y la presentación del concepto en libros de texto. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia: Departamento de Didáctica de las ciencias experimentales y sociales.

Gil Pérez, D. (1992). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. Rescatado de: <http://envia.xoc.uam.mx/tid/lecturas/Unidad%20I/Gil%20Perez.pdf>

González, C. (2014). Investigación Fenomenográfica. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de: <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Dialnet-InvestigacionFenomenografica-4934660.pdf>

González, M. (2013). La observación en Ian Hacking: una cualidad diversa y autónoma de la teoría. [Con] textos, 2(5), 41-53 Universidad Santiago de Cali / Facultad de Educación – Facultad de Derecho – Facultad de Comunicación Social y Publicidad |41

Guisasola, J., Montero, A. y Fernández, M. (2005). Concepciones de futuros profesores de ciencias sobre un concepto olvidado en la enseñanza de la electricidad: La fuerza electromotriz. Enseñanza de las ciencias 23(1), 47-60.

Guisasola, J., Montero, A., y Fernández, M. (2008). La historia del concepto de fuerza electromotriz en circuitos eléctricos y la elección de indicadores de aprendizaje comprensivo. Revista Brasileira de Ensino de Física, 30(1), 1604-1 a 1604-8.

Guisasola, J., Garmendia, M., Montero, A. y Barragués, J. (2012). Una propuesta de utilización de los resultados de la investigación didáctica en la enseñanza de la física. Rescatado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/252561/391069>

Guisasola, J., Zubimendi, J., Almundi, J., y Ceberio, M. (2008). Dificultades persistentes en el aprendizaje de la electricidad. Estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica. Enseñanza de las Ciencias. Rescatado de: <file:///C:/Users/W7-0S/Downloads/118093-297827-1-PB.pdf>

Hacking, Ian, (1996). Representar e Intervenir. Ediciones Paidós, México.

Jiménez, G., Vargas, M., & Méndez, O. (2013). El Aula como Sistema de Relaciones. Módulo Pedagogía II. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.

Sousa, B. (2012). Una epistemología del Sur. CACSO-Siglo XXI. Buenos Aires. Tomado de: Modulo de Historia y Filosofía de las Ciencias. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.

Malagón S., José, Ayala, María, Sandoval, Sandra. (2010). El experimento en el aula: Comprensión de las fenomenologías y construcción de magnitudes. Bogotá, D.C., CIUP, Universidad Pedagógica Nacional.

Malagón, F., Sandoval, S., & Ayala, M. M. (2013). La Actividad Experimental: Construcción de Fenomenologías y Procesos de Formalización. Praxis Filosófica Nueva Serie (36), 119-138.

Marton, F. & Booth, S. (1997). Learning and Awareness. Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates Publishers

Montero, A. (2007). El concepto de fuerza electromotriz en la interacción de circuitos de corriente estacionaria. Análisis crítico de su enseñanza y propuesta didáctica alternativa. Editorial de la Universidad de Granada.

Moya, A., Chaves, E. y Castillo, K. (2011) La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias. Revista Ensayos Pedagógicos Vol. VI, N° 1 115-132, ISSN 1659-0104. Universidad Nacional.

Pozo, I., Gómez, J. (1998). Aprender a Enseñar Ciencias (la. ed.), Ediciones Morata, Madrid, España.

Rodríguez, L. (2004) El modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa. Rescatado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art2/art2.htm>

ANEXO 1. Transcripción de los registros escritos de la Etapa 1.

Se presenta a continuación los registros correspondientes a las sesiones 1A, 1B y 2 que conforman la etapa 1. Al finalizar la etapa se presenta las discusiones surgidas en el aula luego de la socialización de los registros escritos de los estudiantes.

Sesión 1A

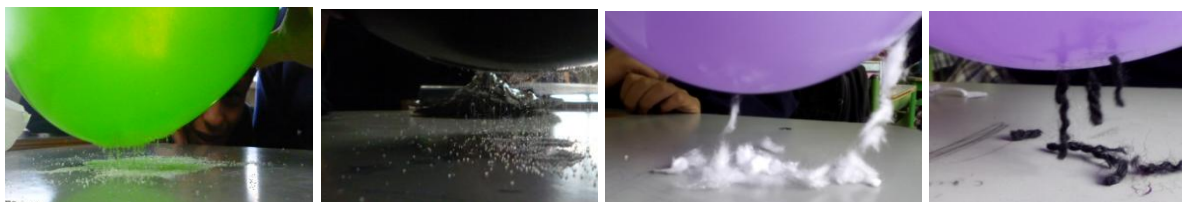
Frota una bomba con los materiales que se indican en la siguiente tabla y acércalos a los materiales que también se indican allí. Organiza en la tabla los efectos que observes de mayor a menor.

BOMBA

MATERIAL	ACETATO	ALGODON	HOJA	LANA	CABELLO	ALUMINIO
TROCITOS DE ALUMINIO						
TROCITOS DE PAPEL						
TROCITOS DE ALGODON						
SAL						
AZUCAR						
ELECTROSCOPIO						
VERSORIUM						

Repite la experiencia anterior sustituyendo la bomba por: un esfero, un acetato, madera, un tubo de vidrio, un tubo de PVC, una tira de cinta transparente gruesa. Construye la tabla anterior para cada material.

Explica lo sucedido en las experiencias anteriores a través de esquemas y en tus palabras...



G.1. Al acercar la bomba a los materiales después de frotarse con nuestro cabello, o en la casa también lo hicimos con el pelo del gato y del perro, hay elementos que se atraen y otros que no.

Cuando se **frota** el globo se **activan los electrones** que componen el globo. Lo que sucede es que con el movimiento de las partículas se provoca una **potencia** que genera una **carga** diferente, o igual a la del otro objeto.

G.2. Al acercar la bomba a algún material, en este caso la lana, **se da un fenómeno que es la inducción**, se **separan las cargas** que hay en la lana (cargas positivas y negativas), como son **diferentes cargas entonces se atraen** hacia el globo.

Cuando se **frota** el globo o cualquier tipo de material sucede que **se activan los electrones que componen** el globo. En realidad todos los objetos tienen una mínima corriente de electricidad la cual se potencializa con el **movimiento (frotación)**, o por el **contacto** con otras **cargas**. Los electrones del globo interactúan con los protones del cabello ya que se separan ciertas cargas, una queda positiva y la otra negativa, como son cargas diferentes esto hace que se atraigan.

G.3. pudimos observar que al frotar cada objeto y acercar a los trozos de papel, aluminio, algodón, azúcar, o sal, se genera una atracción en cambio al acercar la lana con la que frotábamos los objetos, no se atraía ninguno de ellos a la lana. A nivel general, si se **frota fuertemente** sucedía algo con solo algunos elementos, y otros por más que se **frotaran** no pasaba nada.

G.4. cuando hicimos el experimento notamos que unos materiales se **atraían** más que otros, y otros se **repelían**. Los trocitos de aluminio se **alejan** de la bomba, bueno primero se atraen y cuando tocan la bomba luego se alejan, por eso se caen, es como si saltaran. Los trocitos de papel se pegan a la bomba. Los trozos de algodón también **se pegan** a la bomba, el versorium se **mueve** hacia la bomba, o sea se **atrae**. Y en el electroscopio los aluminios se **mueven** cuando acercamos los **cuerpos frotados**. Con la madera y el vidrio no pasa nada por más de que se **froten fuertemente**.

Cuando se **frota** la bomba al cabello esta queda **cargada positivamente de energía** y los papeles como poseen una carga negativa se atraen a esta bomba, pero si **frotamos** la bomba y la **acercamos** a los envases de metal como se ve en la foto, ellos se **alejan** porque también están con **energía positiva** como la de la bomba.

G.5. lo que observamos en este experimento es que **cada elemento tenía su carga (positiva o negativa)** así vemos como la bomba transmite electrones. A veces es más grande el efecto de atracción que otras, debido a que no se comparten bien las cargas, se van las cargas, se baja la

intensidad de la carga. El aluminio coge la carga y la pierde la bomba por eso se da la **atracción**.

El algodón tiene como una conductividad lineal, pues el algodón **se pega** formando una línea recta mientras sube, mientras que el algodón **se pega** al tubo de pvc, por ejemplo, hay un **intercambio de cargas**.

Cuando se **acerca** la **bomba cargada** al aluminio para **conocer la carga**, después que la toca la conoce y se aleja (repele)... como cuando uno baila, si lo conoce y no le gusta como baila entonces se aleja. La madera y el vidrio no son **conductores**. Con los papeles y la bomba estos se **atraían** porque se unían las cargas, pero en pocos papeles. Con los trozos de aluminio al **acercar** la bomba ellos **giraban**.

G.6. Al frotar la bomba con los materiales se genera algo llamado fricción entre la bomba y los elementos distintos dándole a la bomba una propiedad parecida a la de un imán, atrayendo el aluminio, papel, algodón y otros materiales. Al **acercar** los elementos **frotados** al versorium o electroscopio este pasa una **corriente** la cual **genera movimiento**.

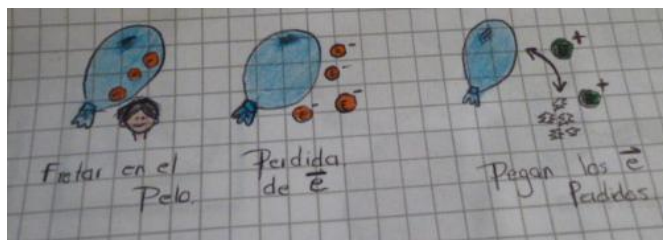
Podemos ver que varios objetos tenían **menos corriente** que hay unos que se **repelen** y otros que se **atraen**... Que alguno de los objetos hacen funcionar el electroscopio y otros el versorium y que **fluye la carga sea positiva o negativa**. También se desprende energía del material con que se frotaba y donde se frotaba como la bomba, la lana, el cabello, el acetato y el aluminio.

G.7. Al **frotar** la bomba con los materiales se genera algo llamado **fricción** entre la bomba y los elementos

G.8. Al frotar con la bomba y acercarla a objetos como papel, plástico, aluminio, azúcar y sal se **adhieren** a ella, unos más que otros como el aluminio, azúcar y sal ya que presentan mayor carga con la bomba. Al **acercar** la bomba a los trozos de papel se vio mayor reacción con la lana, papel aluminio ya que el aluminio viene **cargado con las partículas que transfiere** de (+), en el globo hay como un revuelto de **electrones positivos (+) y negativos (-)** pero se encuentran más **positivos** y la hoja **absorbe y atrae** más el **positivo**.

G.9. Al **frotar** el globo con los distintos materiales. Se observó que los distintos materiales como el aluminio, el papel y el algodón se atraen de manera instantánea, porque al frotar el globo pierde protones dejando el espacio frotado con carga negativa atrayendo los papeles recuperando su carga perdida.

Al realizar los experimentos se observó que al **frotar** algún objeto, como el globo, este **pierde electrones**, saliendo de su carga (neutra), al **acercar** el globo a los trocitos de papel se pegan recuperando



sus electrones perdidos al ser **frotado** gracias a la **electrostática** ya que siempre que **frotamos** un objeto **pierden sus electrones**, volviéndose una carga negativa.

G.10. Al **frotar** la bomba con distintos materiales se produce un exceso de cargas del objeto **frotado** lo cual se **atrae** porque la bomba posee más cargas negativas permitiendo **atracción** por la **carga positiva** de los materiales.

De acuerdo a las categorías descritas en la tablas 4.2 (ver pág. 109) y 4.3 (ver pág. 110), los anteriores registros se pueden clasificar así:

Tabla A1¹³. Resultados de la sesión 1A desde las categorías descritas en la tabla 4.2

Nivel descriptivo	Modelos mentales de la noción de carga eléctrica	Grupos	%
A ₁	Flujo de... Transferencia y/o conservación de...	5-6-8-9	40
A ₂	Almacenamiento de...		0
A ₃	Estados de (des)equilibrio de... Ganancia o pérdida de...	5-9-10	30
A ₄	Partículas: protones y electrones asociadas a "cargas positivas y negativas". "cargas diferentes"	1-2-4-5-8-9	60
A ₅	Electricidad estática	9	10
A ₆ **	Cantidad de electrificación	5-6-8	30

¹³ Tabla 1 que corresponde a los anexos (A1).

Tabla A2. Resultados de la sesión 1A desde las categorías descritas en la tabla 4.3

Nivel descriptivo	Modelos mentales frente a los procesos de carga de los cuerpos	Grupos	%
B ₁	Las atracciones y repulsiones se dan entre un cuerpo electrificado y otro no.	6 ¹¹	10
B ₂ *	Las atracciones y repulsiones se dan entre dos cuerpos electrificados.	2 ¹¹ , 4 ¹¹ , 10 ¹¹	30
C ₁	Se asocia los efectos de atracción con la electrificación de cuerpos entre sí por inducción y/o por frotamiento.	1 ¹¹ , 2 ¹¹ , 3 ¹¹ , 4 ¹¹ , 6 ¹¹ , 8 ¹¹ , 9 ¹¹	70
C ₂ *	Se asocia la electrificación por contacto de cuerpos entre sí, con efectos de repulsión.	4 ¹¹ , 5 ¹¹	20
D**	Se identifica que los procesos y cambios no se efectúan únicamente en los cuerpos materiales sino que el espacio existente entre ellos también es sede de cambios.		0
E**	Enfatiza en la acción que ejercen agentes externos para electrificar un cuerpo.	1 ¹¹ , 2 ¹¹ , 3 ¹¹ , 4 ¹¹ , 6 ¹¹ , 8 ¹¹ , 9 ¹¹ , 10 ¹¹	80
F**	Emplean el concepto de diferencia de potencial para explicar el proceso de carga de un cuerpo.		0

Los porcentajes mencionados en la sesión 1A, se han obtenido a partir del número de intervenciones registradas en cada nivel descriptivo. En este caso, sobre un total de 10 intervenciones (registros escritos) durante el desarrollo de esta sesión.

Sesión 1B

ACTIVIDAD 1

Coloca una cinta sobre la superficie de la mesa, la cual es marcada con la letra D (debajo) y encima de ella se coloca otra cinta, esta vez con mayor delicadeza que la que está debajo y se marca con la letra E (encima). Repite este mismo procedimiento nuevamente. En seguida retira de la mesa las cintas y despega cuidadosamente cada par de cintas. Ubícalas una frente a la otra, variando la distancia entre ellas, que observa cuando interactúan las cintas:



- D con D
- E con E
- E con D

P*: coloquen las cintas sobre una mesa que esté limpia. Colocan una tira de cinta sobre la mesa y la marcamos con D de debajo y la frotan, ahora recortan otra cinta y la colocan encima de la cinta D y.....

G.2*:...le ponemos E de encima, a ya.... Profe, ¿debemos frotar fuerte o duro?

P*: y hacen lo mismo con otras dos tiras de cinta...las despegan con cuidado y las acercan, no por el lado del pegamento. Y registran sus observaciones al acercar las cintas como dice en la guía.

G5*: ...se repelen en la parte de abajo...

P*: tengan presente qué cintas están acercando, listo muchachos...

G.3*:...Uy **la intensidad no es la misma** en todos los casos.

P*: bueno, mientras ustedes van observando y registrando sus observaciones y explicaciones en la unidad, yo voy pasando por todos los grupos vale...

G.2*: si profe...

G.1. cuando colocamos las cintas D con D y E con E, ellas se repelen. Y si ponemos las cintas D y E vemos que se atraen. Claro que vemos que una queda como con más pegamento que la otra. Cuando acercamos los mismos objetos que **frotamos** en la clase anterior, notamos que en la mayoría de los casos las cintas D y E se **atraían** por ellos, **se iban hacia donde estaba el objeto frotado**, pero en otros caso, so pasaba nada. El comportamiento de las cintas no fue igual en cada experimento.

G.2. las cintas de la misma letra se repelen y de diferente letra se atraen. Pudimos entender que al acercar cada uno de los materiales **existían tres campos de magnitud, positivo, negativo y**

nada, ya que los electrones de la bomba o de cualquier material tendían a atraerse o a repelerse ya que hay un **campo magnético** y en varios casos no pasaba nada porque no había electrones.

G.3. con las cintas D y D se pudo observar que hubo **repulsión de gran magnitud** de la parte de debajo de las cintas. Lo mismo paso con las cintas E y E. en cambio con las cintas D y E se pudo observar que hubo atracción en toda la cinta, no solo en la parte de abajo.

Cuando frotábamos diferentes objetos con la lana o el cabello notamos que unos atraían la cinta E y repelían la cinta D o al contrario y en otros casos atraían las dos cintas, entonces pensábamos que los que atraían una cinta y repelían la otra era como si se comportaran como esas cintas, o sea, la cinta D y E se atraían en cambio cuando eran de igual signo se repelían, eso pasaba con los objetos que frotábamos.

G.4. cuando se frotran dos cintas de tipo E estas dos se distancian y lo mismo pasa con las cintas D. y cuando frotamos una cinta D y una E, estas dos se atraen. Cuando acercábamos los objetos frotados los que más se atraían era el aluminio, luego el tubo de pvc, el esfero y por último, casi nada la bolita de icopor. Es decir que **los materiales que se acercan a cuerpos que están suficientemente cargados siempre se atraen a los otros cuerpos** pero los cuerpos que no están suficientemente cargados estos no se mueven en la mayoría de los casos.

G.5. las cintas D y D se repelen. Las E y E se repelen más arto que las D o sea una repulsión. Y las D y E se atraen por el lado que no hay pegamento. Con el pvc el efecto es más notorio que con los otros materiales, como este se atraía a D y repelía a E, entonces creemos que se comporta como la cinta E, o sea que tienen **las mismas cargas**. El aluminio se comporta como D.

G.6. D y D: como las **cargas son iguales** son repelidos. E y E: las **cargas iguales** son repelidos y D y E: como las **cargas son opuestas** se atraen.

Cuando frotábamos diferentes objetos y los acercábamos a las cintas vimos que **a veces atraían la cinta E y repelían la cinta D o al contrario**, eso **es por las cargas iguales o distintas** que se atraen o repelen, pero **lo raro es que a veces veíamos que atraían a las dos cintas**. Al frotar algún elemento que atraiga energía y la almacene, obtendrá una **carga** la cual por esta transmitirá una energía a cuyo elemento la recibirá y producirá un cambio mayor o menor que en este caso

podrá tener una atracción o repulsión dependiendo el caso, cada elemento producirá una energía mayor o menor en esta.

G.8. DD: se repelen ya que están cargadas de **las mismas cargas**. EE: igual que D+D

ED: se atraen un poco ya que **comparten energía**.

G.9. como podemos observar con los experimentos algunos objetos se atraen o se repelen cuando las **cargas son diferentes** (pero se debe **tener en cuenta** cuando los frotamos con diferentes objetos) ya que su atracción o repulsión será diferente.

G.10. cintas iguales se repelen y cintas diferentes se atraen, es porque tienen **cargas diferentes**.

Al experimentar con las cintas vimos reflejado el mismo contacto el cual sucede en un imán, por lo tanto en **polos iguales** (EE) se repelen, en cambio en **polos diferentes** (ED) se atraen, es decir que los diferentes materiales se manifestaban igual forma con unos con cargas negativas y otros con positivas.

Antes de frotarse no atrae porque no tiene **cargas (+ o -)**, no tiene **energía**.

ACTIVIDAD 2

1. Frote uno de los tubos de PVC con lana y colóquelo en medio de los péndulos de aluminio. Registre lo que observa con los péndulos antes y después de retirar el tubo de PVC.



G.1. en medio de los péndulos **se atraen cuando son diferentes las cargas** del tubo y de los aluminios. Pero vimos primero un proceso de atracción y luego de repulsión.

G.2. en medio de los péndulos se atraen cuando son diferentes procesos de atracción o de repulsión.

G.3. cuando colocamos el tubo en la mitad de los péndulos de aluminio ellos se atraen pero luego que tocan el tubo y lo retiramos y tratamos de hacer que se toquen los dos péndulos ellos se repelen eso es porque quedan **cargados de la misma forma**, como las cintas D y D o las E.

G.4. cuando quitábamos el tubo de pvc de la mitad y lo volvíamos a frotar con la lana y lo colocábamos en los lados de los aluminios, ellos se movían hacia el otro lado de donde estaba el tubo, ya no se atraían como la primera vez, sino que se repelían, eso tuvo que ser porque la primera vez al acercarse alcanzaron a tocar el tubo y quedaron cargados de igual forma. Pero vimos que si tocábamos el aluminio con la mano entonces otra vez se atraía al tubo de pvc. También vimos que como no teníamos hilo para hacer los péndulos entonces lo hicimos **con tiras de lana y ellas también se atraían al tubo de pvc la primera vez y cuando tratábamos de juntar los péndulos ellos se repelían y también la lana.** Entonces decidimos cambiar la lana por hilo de cobre y vimos que pasó lo mismo. Ellos también quedaban cargados de la misma forma que las cintas D y D cuando colocamos el pvc en la mitad.

G.5. en medio de los péndulos se atraen, cuando tocan el tubo dejan de atraerse y comienzan a empujarse. Debe ser que quedan **cargados de igual manera D-D o E-E.**

G.6. el pvc almacena muy bien la energía que se le da cuando se frota con algún material, con unos más que con otros y por eso le puede transferir esa energía a los péndulos de aluminio.

G.9. Antes de retirar el pvc los aluminios son atraídos al centro y después de retirarlo vuelven a su posición inicial.

G.10. cuando colocamos el tubo en la mitad y antes de retirarlo, estos péndulos **se acercan** al tubo y lo **tocan**, luego de retirarlo los péndulos hacen una oscilación porque quedan cargados de la misma forma o positiva o negativa pero iguales, entonces tratan de empujarse y por el peso vuelven a “caer” y así se repite la oscilación varias veces hasta que se acaba el efecto por el medio que neutraliza las cargas de los péndulos.

2. Frote uno de los tubos de vidrio con lana y colóquelo en los extremos de los péndulos de aluminio. Registre su observación antes de retirarlos y luego de retirarlos.

G.1. no pasa nada porque no hubieron cargas.

G.2. no pasa nada, no hubo cargas.

G.5. no pasó nada, no hubieron cargas.

G.6. el vidrio se frotó y se acercó a los péndulos pero no hubo una atracción al unirlos ya que este no puede adquirir la energía necesaria.

G.9. parece que el tubo de vidrio hiciera mover los péndulos pero como que con menor intensidad. Claro que si miramos bien, como que no se mueven, ni los atrae ni los repele, o sea que el vidrio no es un buen conductor.

3. Frote un tubo de vidrio y un tubo de pvc con lana. Colóquelos en los extremos de los péndulos de aluminio. Registre su observación antes de retirarlos y luego de retirarlos.

G.1. con el tubo de vidrio no pasa nada porque no hay cargas en él, en cambio en el tubo de pvc si vemos una atracción de los péndulos por la carga que hay en el tubo.

G.2. con el vidrio no pasa nada, con el pvc las cargas son distintas y por eso se atraen los trocitos de papel o algodón, en cambio el aluminio rebota después de que lo ha tocado.

G.3. el vidrio no es un buen conductor, el pvc si y por eso los péndulos se atraían con el tubo.

G.6. el péndulo no presenta una atracción mayor con el vidrio ya que no fue un gran conductor de energía. En cambio el pvc sí.

G.9. Al acercar al tiempo el tubo de vidrio y el tubo de pvc en los extremos de los dos péndulos, vimos que los dos péndulos de aluminio son atraídos por el pvc, y no por el vidrio. El pvc es excelente conductor de energía.

4. De lo anterior se puede concluir que:

G.1. con el tubo de pvc a lo que se frota con lana y se pone en el centro de los aluminios le pegan por su campo magnético el cual transmite cargas, se carga por medio de fricción. En cambio el vidrio no es conductor de energía, queda cargado pero no transmiten la energía.

G.2. con la fricción se cargan los objetos y esas cargas se transmiten cuando son buenos conductores como el pvc, el acetato, la bomba, los trocitos de aluminio y los materiales con los que se frota también son buenos generadores de carga, como la lana, una hoja de cuaderno, el cabello y otros, por eso se atraen los cuerpos.

G.3. cuando el tubo de pvc se frota con la lana o con una hoja de cuaderno y se pone en el centro de los aluminios se pegan por su energía el cual transmite cargas negativas o positivas como las cintas d y e y eso se da por la frotación.

G.4. con el tubo de pvc se provoca la oscilación del péndulo en cambio el tubo de vidrio no hace nada, entonces los dos péndulos de aluminio se van hacia donde sí hay más carga, o sea al pvc. El vidrio tiene pero neutra, o sea igual positiva que negativa por eso no hace que los péndulos se muevan.

G.5. con el tubo de pvc a lo que se frota con la lana y se pone en el centro de los aluminios se pegan por su campo magnético el cual transfiere cargas. El vidrio no es conductor de energía.

G.6. al acercar un esfero frotado al péndulo se puede observar que al ponerlo en medio de los péndulos de aluminio ellos quedan pegados al esfero y al colocar el esfero en un extremo de un péndulo queda atraído al esfero a pesar de que el otro péndulo queda un poco más cerca del esfero pero no pegado esto sucede cuando frotamos el esfero con lana o con cabello.

G.10. Si unimos las cargas iguales o del mismo polo se repelen como lo pudimos ver en el experimento de las cintas. **Se puede ver el grado de conductividad.** El cabello transmitía como energía a la bomba al frotarla. O sea por la energía estática que se crea al frotar dos objetos.

Claro que además de ver atracciones o repulsiones también se producía un sonido cuando el azúcar o la sal saltaban cuando se acercaba la bomba. El algodón y la madera no son muy buenos conductores como el aluminio y los papelitos. Claro que cuando acercábamos la bomba al algodón o la frotábamos con el algodón si se veían efectos de atracción. Cuando acercábamos el

algodón a los papелitos ahí sí no se veía nada. Es decir, **el algodón solo generaba estática** (al frotar con ese material la bomba o el tubo de pvc)

Creemos que el volumen de la bomba también influye, entre más inflada más se ve el efecto.
O sea que se carga más fácil.

La forma en que se frote también influye. Incluso hasta el tipo de cabello.

De acuerdo a las categorías descritas en la tablas 4.2 (ver pág. 109) y 4.3 (ver pág. 110), los anteriores registros se pueden clasificar así:

Tabla A3. Resultados de la sesión 1B desde las categorías descritas en la tabla 4.1

Nivel descriptivo	Modelos mentales de la noción de carga eléctrica	Grupos 6 ²¹ : 6 ^{actividad-pregunta}	%
A ₁	Flujo de... Transferencia y/o conservación de...	G: 6 ¹¹ , 6 ²¹ , 6 ²³ , 1 ²⁴ , 2 ²⁴ , 3 ²⁴ , 5 ²⁴ , 10 ²⁴	22.8
A ₂	Almacenamiento de...	6 ¹¹ , 6 ²¹	5.71
A ₃	Estados de (des)equilibrio de... Ganancia o pérdida de...	8 ¹¹ , 10 ²¹ , 6 ²²	8.57
A ₄	Partículas: protones y electrones asociadas a “cargas positivas y negativas”. “cargas diferentes”	2 ¹¹ , 3 ¹¹ , 5 ¹¹ , 6 ¹¹ , 8 ¹¹ , 9 ¹¹ , 10 ¹¹ , 4 ²⁴ , 10 ²⁴	25.71
A ₅	Electricidad estática	10 ²⁴	2.85
A ₆ **	Cantidad de electrificación	3 ¹¹ , 4 ¹¹ , 5 ¹¹ , 7 ¹¹ , 6 ²¹ , 10 ²¹ , 4 ²⁴ , 10 ²⁴ , 9 ²²	25.71

Tabla A4. Resultados de la sesión 1B desde las categorías descritas en la tabla 4.2

Nivel descriptivo	Modelos mentales frente a los procesos de carga de los cuerpos	Grupos	%
B ₁	Las atracciones y repulsiones se dan entre un cuerpo electrificado y otro no.	4 ¹¹ , 1 ²³ , 3 ²³ , 9 ²³	11.42
B ₂ *	Las atracciones y repulsiones se dan entre dos cuerpos electrificados.	5 ¹¹ , 6 ¹¹ , 8 ¹¹ , 9 ¹¹ , 10 ¹¹ , 1 ²¹ , 2 ²³	20
C ₁	Se asocia los efectos de atracción con la electrificación de cuerpos entre sí por inducción y/o por frotamiento.	1 ¹¹ , 1 ²⁴ , 2 ²⁴ , 3 ²⁴ , 5 ²⁴ , 6 ²⁴	17.14

C ₂ *	Se asocia la electrificación por contacto de cuerpos entre sí, con efectos de repulsión.	3 ²¹ , 5 ²¹ , 3 ²² , 10 ²¹ , 2 ²³	14.28
D**	Se identifica que los procesos y cambios no se efectúan únicamente en los cuerpos materiales sino que el espacio existente entre ellos también es sede de cambios.	10 ¹¹	2.85
E**	Enfatiza en la acción que ejercen agentes externos para electrificar un cuerpo.	1 ¹³ , 2 ¹³ , 3 ¹³ , 4 ¹³ , 6 ¹³ , 1 ²¹ , 2 ²¹ , 4 ²¹ , 9 ²¹ , 1 ²⁴ , 2 ²⁴ , 3 ²⁴ , 5 ²⁴ , 6 ²⁴	40
F**	Emplean el concepto de diferencia de potencial para explicar el proceso de carga de un cuerpo.		0

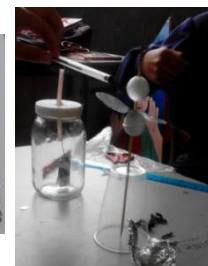
Los porcentajes mencionados para cada uno de los niveles descriptivos de la sesión 1B se han obtenido a partir del número de intervenciones registradas en cada nivel, sobre un total de 35 intervenciones (registros escritos) durante el desarrollo de esta sesión.

Sesión 2



1. ¿Cómo elaboraste tu versorium?... Explica la función de cada una de sus partes y justifica el ¿por qué? de los materiales que empleaste.

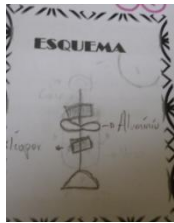
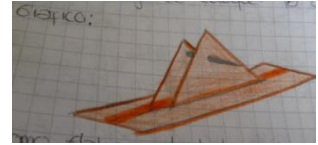
G.1. hicimos el versorium con icopor cortado en la mitad, y cogimos un palo de pincho para atravesarlo en la mitad del icopor y poner el aluminio en la mitad atravesado



G.3. lo elaboramos con plastilina y un palito y en la mitad del palito colocamos un corcho pequeño para sostener el papel **aluminio** que no se cayera pero **que pudiera girar cuando acercáramos un cuerpo frotado**. Al comienzo pensábamos que era el viento el que estaba moviendo el aluminio, sin embargo tratamos de tapar el paso del viento y vimos que al acercar la

bomba frotada el aluminio se atraía y así con otros materiales. En unos la energía era mayor que otra entonces se podía acercar más lejos y también se veía el movimiento del aluminio. Con otros como era poquita la carga entonces tocaba acercarlos mucho al versorium.

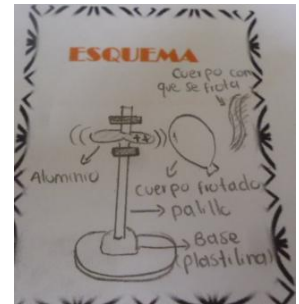
G.4. los materiales que yo utilice para realizar el versorium fueron cartón paja, silicona, y una aguja y una tira de papel o de aluminio. Con las dos funcionaba.



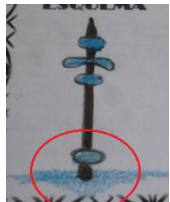
G.6. hicimos las bases del versorium con icopor ya que este cumple la función de que la energía se obtenga solo para la hojita de aluminio, el aluminio al atraer esta energía de la bomba se recontrae ya que la bomba ejerce energía en el aluminio permitiendo que este gire.

P: la mayoría de los grupos atribuían como función del icopor, sostener el palillo, mientras que este grupo consideró que el material de la base podía afectar el sistema.

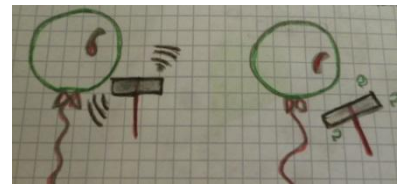
G.7. usamos primero una bola de plastilina para hacer una base, luego cogimos un palillo y lo metimos en la plastilina como soporte, luego tomamos un pedazo de icopor y lo metimos en el palillo, luego recortamos un pedazo de papel aluminio en forma de aspas y lo metimos en el palillo, colocamos otro pedazo de icopor en el palillo dejando un pequeño espacio para que pudiera girar el aluminio. El pedazo de aluminio reemplaza la aguja metálica con que suelen hacer los versorium de verdad, esta **posee cierta carga positiva o negativa** y el cuerpo frotado también posee cargas que hace girar el aluminio.



G.9. este mecanismo de experimento al frotar el globo con el pelo y se acerca al papel aluminio, ese gira en la dirección del cuerpo que fue frotado, como el globo **perdió cargas** entonces quedo cargado y por eso hace girar el aluminio.



G.10. con un palo de pincho, es como la base del versorium, **bolitas de icopor que es para generar la carga la cual es transmitida a través de los materiales cargados.** El aluminio se redondea



con la carga.

2. ¿Qué indica el versorium?

G.1. es como una aguja metálica similar a la de una brújula, pero **sin ser magnética**, que gira cuando le acercamos un cuerpo que hemos frotado con la lana o con nuestro cabello o con cualquiera de los materiales que usamos para frotar. El versorium de nosotros no es con una aguja sino con una tira de aluminio que giraba cuando le acercábamos un cuerpo cargado.

G.2. que **detecta la presencia de** estática, de carga eléctrica.

G.3. detecta **cuerpos cargados**, **porque esa carga se comunica por el medio** y llega hasta el versorium. Con el tiempo se va equilibrando y por eso ya no funciona el versorium. También depende de si hace sol o está frío el día, nos funcionó mejor por la tarde cuando salimos a almorzar porque estaba haciendo sol, entonces los materiales como la bomba se cargan más fácilmente.

G.4. el versorium puede detectar la presencia de carga eléctrica estática, porque la bomba tiene una carga diferente a la del versorium, entonces como están en **desequilibrio** de cargas, donde hay más tiende a irse a donde hay menos para que se equilibre.

G.5. indica si un cuerpo está **cargado de energía**, esto se ve reflejado en el momento que el aluminio gira sobre su eje, el aire (sin viento) ayuda a que llegue esa carga hasta el aluminio, es como si hubiera un **campo magnético** que ayuda a **pasar la energía** de la bomba al aluminio del versorium.

G.6. el versorium indica una dirección dependiendo la **energía que le transmite** la bomba o el objeto frotado.

G.7. cuando **acercamos** un objeto **muy cargado**, las cargas de ambos lados del aluminio se reordenan y giran hacia el objeto acercado.

G.8. el versorium indica el “lugar” de donde proviene la energía de mayor intensidad.

G.9. cuando **acercamos un globo frotado** al versorium las cargas de ambos lados del aluminio se repelen y **giran hacia el objeto frotado.**

3. ¿Registra alguna medida el versorium? Justifica tu respuesta.

G.1. Sí, porque es la carga que se registra con los movimientos que realiza. Se evidencia la magnitud de la energía que se genera al frotar un objeto.

G.2. **registra medida de cargas estáticas** midiendo como actúan estas en constancia según la punta del versorium.

G.3. el papel gira porque se le acerca un cuerpo que está cargado, entonces **está midiendo que tanta carga tiene,** entre más tenga, más fácil gira el papel.

G.5. indica si la carga es nula y no se mueve el aluminio, indica si tiene carga y el aluminio se mueve alejándose del cuerpo cargado.

G.6. en este experimento **pudimos ver que el espacio o lo invisible si se puede medir** como pueden ser amperios.

G.7. registra algunas unidades de temperatura y sirve para tener una ubicación de donde está la energía. Por ejemplo, **si se frota fuerte o arto tiempo el tubo de pvc,** entonces **se calienta y genera una chispa que no vemos y así carga los cuerpos.** Claro que nosotros no la vimos pero la escuchamos cuando colocamos el tubo frotado cerca de nuestros oídos. Además al acercar la mano muy cerquita al tubo se siente como cuando ponemos las manos en el televisor, claro más suavcito.

G.8. **la fuerza de la energía,** entre más potente más se mueve hacia ese lugar (indica).

G.9. con esta herramienta podemos evidenciar si las cargas son positivas o negativas, **dando diferentes medidas dependiendo de su carga.**

G.10. al acercar la bomba con energía electrostática en el versorium se observa que el aluminio producía un breve movimiento y rotación.



4. ¿Cómo elaboraste tu electroscopio?... Explica la función de cada una de sus partes y justifica el ¿por qué? de los materiales que empleaste.

G.1. botella de vidrio, aluminio por dentro, una bomba.

El cobre conduce la carga y el aluminio recibe las cargas. La bomba es la que da la carga como tal y la botella de vidrio mantiene siempre la energía.

G.2. frasco de vidrio, un trozo de alambre de cobre, cinta adhesiva, papel aluminio.

Abrimos un hueco en la tapa para poder pasar el alambre de cobre y hicimos como un gancho en la parte inferior para colocar dos tiras de aluminio delgadas del mismo tamaño y que queden separadas como un milímetro y en la parte superior enrollamos el alambre de cobre haciendo como una espira plana.



G.4. usamos un frasco de vidrio, un cable de cobre grueso para que la energía se transfiera más fácil, y dos pedazos de papel aluminio, que son los que van a indicar si el objeto que acerquemos a la parte superior del cobre está o no cargado. Lo que si no se puede saber es si está cargado positiva o negativamente por que lo que siempre vamos a ver es que los papelitos se abren

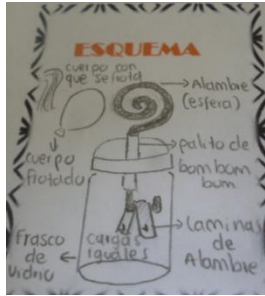


cuando el cuerpo está cargado, sin importar si es positivamente o negativamente. De pronto podríamos usar primero las cintas D y E para ver si se atraen o repelen o de pronto que las láminas en lugar de separarse se unan, aunque eso nunca lo vimos. Para que el electroscopio funcione, debemos acercar una bomba que haya sido frotada con lana para que se pueda evidenciar que los papeles se mueven en sentido (arriba y luego se abren).

G.5. botella de vidrio, aluminio por dentro, una tira de cobre y bomba. El cobre: transmitir o conduce la carga, aluminio: recibe las cargas, bomba: le da carga. Botella de vidrio: mantener la energía.

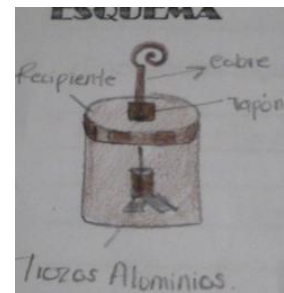
G.6. primero reunimos el cobre, aluminio, pitillo y tarro. El cobre es conductor este transmite energía al aluminio, la bomba es la que emerge la energía por este conductor, el pitillo permite que la energía no se distribuya en el tarro sino que llegue directo al aluminio.





G.7. primero se toma un frasco de vidrio con tapa y a esta se le hace un agujero en medio y se mete un palito de bom bom bum en la tapa, luego se coge un pedazo de alambre de metal dentro del palito y se le da forma de gancho al extremo y le ponemos dos laminitas de aluminio, se cierra el frasco y con el otro extremo del alambre se le da forma de espiral. El alambre se utiliza como reemplazo de la varilla y la esfera que se cargan eléctricamente al acercar el cuerpo frotado y las láminas de aluminio que tienen la misma carga eléctrica se repelen.

G.9. este mecanismo lo creamos con un recipiente de vidrio y su respectiva tapa, en la mitad pusimos un tapón que es atravesado con un alambre de cobre ya que este es un muy buen conductor de cargas. Este mecanismo nos permite medir la energía que adquiere un cuerpo cuando es frotado. Al frotar por ejemplo la bomba con diferentes materiales notamos que también **la energía varía**, a veces es mayor y las láminas de aluminio se abren más fuertemente y también se demoran más para poder volver a equilibrarse, o sea para poder llegar a tener la misma cantidad de cargas negativas que positivas. El corcho y el vidrio es para evitar que las cargas se pierdan más fácilmente y para que el viento no afecte el movimiento de las tiras de aluminio.



G.10. el alambre de cobre es el conductor de carga para generar que los dos trocitos de aluminio puestos en el interior del frasco se muevan. En la parte inferior el alambre que sostiene los aluminios también es de cobre, o sea que tiene doble función, sostener los aluminios y conducir la carga hasta ellos.

5. ¿Qué indica el electroscopio?

G.1* Sirve para detectar cuerpos cargados y se pueden electrizar cuando se tocan, o sea por contacto o solo acercándolos sin que se toquen, lo que el profesor nos decía que era por inducción o algo así. Por eso veíamos que sin tocar la parte de arriba del electroscopio, las láminas de aluminio se repelían cuando quedaban cargadas al acercar la bomba que habíamos frotado.

G.2. que detecta la carga de un objeto cargado aprovechando el fenómeno de separación de cargas por inducción.

G.3. permite determinar la presencia de cargas eléctricas y sus signos (polo - , +)

G.4. es un instrumento que se usa para saber si un cuerpo está cargado eléctricamente, y qué tanto.

G.5. indica si los cuerpos están cargados arto, poquito o nada y se pueden electrizar por contacto o por inducción.

G.6. el electroscopio en la parte central donde está el aluminio, el **cobre transmite una energía** el cual hace que estos dos se repelan. Pero no se puede medir nada.

G.7. detecta el objeto cargado y su cantidad de carga que adquiere y se puede electrizar por contacto o por inducción.

G.8. la intensidad de la energía que está cerca de él.

G.9. el electroscopio es un mecanismo donde se transmite la energía que se frota en el globo, se transmite por medio del alambre.

G.10. al detectar los materiales cargados, se genera una carga en el electroscopio la cual se puede electrizar por contacto o por inducción.

6. ¿Registra alguna medida el electroscopio? Justifica tu respuesta.

G.1. No, porque no se establece como tal un dato exacto para medir el contacto que se generó.

G.2. si un cuerpo está cargado eléctricamente mide cómo actúan las cargas.

G.3. este elemento se carga por algunos frotamientos, unos con carga positiva y otros con carga negativa.

G.4. el electroscopio tiene la medida de fuerza por culomb.

G.5. indica cuánta carga hay al abrirse el aluminio y si por lo contrario no hay carga o es nula, el aluminio permanece igual.

G.6. primeramente pensábamos que se podía **medir** todo menos **lo invisible** pero hallamos que si se puede medir como el multímetro y diferentes objetos. Pensábamos que en el electroscopio (o

versorium) se transporta la energía y hace que el aluminio se atraiga o repela, las cargas se dividen y queda una + y otra – y por eso se atraen, pero que no se mide nada, porque el sistema de medición es en kg, cm...etc.... o **de pronto se “mide” la energía que transfiere**, que la regla que frotamos tenga más o menos energía que otro cuerpo.

G.7. la distancia de unos comandos que indican la cantidad de carga que tienen el cuerpo frotado cuando se acerca al electroscopio.

G.8. entre más abiertas estén sus láminas mayor será la fuerza que registra.

G.9. al acercar un objeto frotado al electroscopio los papelitos de aluminio se mueven. Eso depende de la carga que posee el cuerpo frotado, pero también de la distancia a la que se acerque el objeto, si es muy cerca de la espira de cobre el efecto es mayor, y cuando lo alejamos las láminas se vuelven a cerrar porque el efecto de repulsión disminuye.

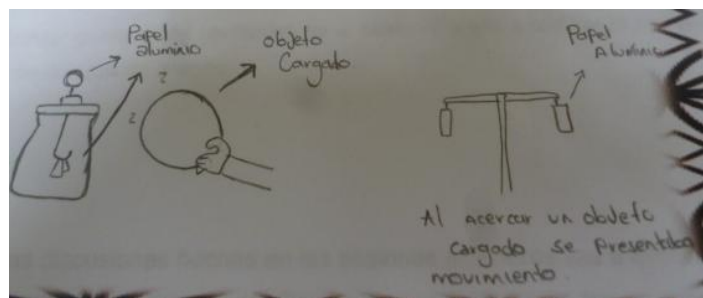
G.10. si la superficie de los aluminios que están dentro del frasco de vidrio se separan, entonces quiere decir que se acercó un cuerpo que tiene carga estática.

7. Representa por medio de esquemas lo que sucede con el electroscopio al acercar los cuerpos que frotaste. Ten en cuenta todo el sistema (electroscopio – cuerpo con que se frota y cuerpo frotado).

G.1. **Creaba carga** que eso hacía que se separaran de los aluminios.

G.5. **creaba carga** y eso hacía que se separarán de los aluminios, si es alta la carga entonces se repelen arto.

G.7. con el versorium y el electroscopio al acercar un objeto cargado se presentaba la atracción y el movimiento de las placas de papel aluminio según la cantidad de carga que pueden recibir los cuerpos cuando se frotan, pues a pesar de frotarse los objetos con el mismo material y la misma fuerza y la misma cantidad de veces, unos cuerpos se cargaban más que otros y así la aspa de aluminio o las dos tiras de aluminio del electroscopio se abrían más o menos según esas cantidades de carga.



De acuerdo a las categorías descritas en la tablas 4.2 (ver pág. 109) y 4.3 (ver pág. 110), los anteriores registros se pueden clasificar así:

Tabla A5. Resultados de la sesión 2 desde las categorías de análisis descritas en la tabla 4.1

Nivel descriptivo	Modelos mentales de la noción de carga eléctrica	Grupos 6 ²¹ ; 6 ^{actividad-pregunta}	%
A ₁	Flujo de... Transferencia y/o conservación de...	6 ¹¹ , 10 ¹¹ , 5 ¹² , 6 ¹² , 1 ¹⁴ , 5 ¹⁴ , 6 ¹⁴ , 9 ¹⁴ , 10 ¹⁴ , 6 ¹⁵ , 7 ¹⁵ , 9 ¹⁵ , 6 ¹⁶ , 7 ¹⁷	25
A ₂	Almacenamiento de...	7 ¹¹ , 1 ¹⁴ , 5 ¹⁴	5.35
A ₃	Estados de (des)equilibrio de... Ganancia o pérdida de...	7 ¹¹ , 3 ¹² , 5 ¹² , 9 ¹⁴	7.14
A ₄	Partículas: protones y electrones asociadas a “cargas positivas y negativas”. “cargas diferentes”	7 ¹¹ , 4 ¹² , 9 ¹³ , 4 ¹⁴ , 7 ¹⁴ , 9 ¹⁴ , 3 ¹⁵ , 3 ¹⁶ , 6 ¹⁶	16.07
A ₅	Electricidad estática	2 ¹² , 4 ¹² , 2 ¹³ , 10 ¹³ , 10 ¹⁶	8.92
A ₆ **	Cantidad de electrificación	3 ¹¹ , 7 ¹¹ , 7 ¹² , 8 ¹² , 1 ¹³ , 3 ¹³ , 5 ¹³ , 6 ¹³ , 7 ¹³ , 8 ¹³ , 9 ¹³ , 9 ¹⁴ , 4 ¹⁵ , 5 ¹⁵ , 7 ¹⁵ , 8 ¹⁵ , 4 ¹⁶ , 5 ¹⁶ , 6 ¹⁶ , 7 ¹⁶ , 8 ¹⁶ , 9 ¹⁶ , 5 ¹⁷ , 7 ¹⁷	42.85

Tabla A6. Resultados de la sesión 2 desde las categorías de análisis descritas en la tabla 4.2

Nivel descriptivo	Modelos mentales frente a los procesos de carga de los cuerpos	Grupos	%
B ₁	Las atracciones y repulsiones se dan entre un cuerpo electrificado y otro no.	9 ¹¹ , 1 ¹² , 3 ¹² , 10 ¹²	7.14
B ₂ *	Las atracciones y repulsiones se dan entre dos cuerpos electrificados.	3 ¹¹ , 7 ¹¹ , 1 ¹² , 9 ¹² , 7 ¹⁴ , 9 ¹⁴ , 1 ¹⁵ , 6 ¹⁶	14.28
C ₁	Se asocia los efectos de atracción con la electrificación de cuerpos entre sí por inducción y/o por frotamiento.	3 ¹¹ , 7 ¹¹ , 1 ¹² , 9 ¹² , 7 ¹⁷	8.92
C ₂ *	Se asocia la electrificación por contacto de cuerpos entre sí, con efectos de repulsión.		0
D**	Se identifica que los procesos y cambios no se efectúan únicamente en los cuerpos materiales sino que el espacio existente entre ellos también es sede de cambios.	3 ¹² , 5 ¹²	3.57
E**	Enfatiza en la acción que ejercen agentes externos para electrificar un cuerpo.	3 ¹¹ , 7 ¹¹ , 9 ¹¹ , 1 ¹² , 7 ¹² , 9 ¹² , 7 ¹³ , 10 ¹³ , 1 ¹⁴ , 4 ¹⁴ , 9 ¹⁴ , 3 ¹⁶ , 9 ¹⁶ , 7 ¹⁷	25
F**	Emplean el concepto de diferencia de potencial para explicar el proceso de carga de un cuerpo. g		0

Los porcentajes mencionados para cada uno de los niveles descriptivos de la sesión 2 se han obtenido a partir del número de intervenciones registradas en cada nivel, sobre un total de 56 intervenciones (registros escritos) durante el desarrollo de esta sesión.

Discusión en el aula alrededor de la socialización de los registros escritos de la etapa 1

P*: en cada uno de sus registros he notado que emplean términos como corriente, carga eléctrica, energía, electricidad, además de otros. Quisiera que profundizaran en la explicación respecto a lo

que se refieren con estos términos, y observar la pertinencia de emplearlos o no bajo ciertos contextos experimentales. Para empezar quisiera que describamos los efectos que hemos percibido al frotar un cuerpo y acercarlo a otros que no han sido frotados, solo acercar no tocar.

G.1*: Al frotar los diferentes materiales podemos observar que se produce una carga en el material frotado para atraer o repeler el objeto al cual se acerca ya que este contiene una carga que puede ser igual o diferente de la carga del objeto frotado y produce estos fenómenos.

P*: antes de frotar los cuerpos, ¿estos tienen carga?

G.7*: todos los cuerpos están en estado neutro si no se frota o algo así. Cuando los frotamos o acercamos a un cuerpo que había sido frotado, dejan de ser neutros.

P*: ¿a qué hacen referencia con que “estén en estado neutro”?

G.7*: que tienen igual número de cargas positivas o negativas.

G.1*: no, a que están en reposo, que están quietas... uhm... pero pueden ser más negativas o más positivas

G.7*: no, entonces ya no estaría en estado neutro.

P*: ¿qué opinan los demás grupos?

G.7*: opinamos lo mismo que ellos (G.7) porque neutro quiere decir que tienen la misma cantidad de cargas positivas que negativas. Cuando lo frotamos con la lana, o el algodón o con hojas o con otros materiales, entonces pierden electrones porque los átomos de esos cuerpos tienen electrones libres que se pueden desprender fácilmente, entonces cuando se frota el tubo de pvc se calienta y se liberan algunos electrones entonces queda con más carga positiva y el pelo o la lana con la que frotamos queda con más cargas de la otra (negativas).

G.4*: antes de frotarlos están en equilibrio de número de cargas, después un material (el del cuerpo frotado o con el que se frotó) queda con más electrones que el otro. O sea unos quedan como la cinta D y otros como la cinta E.

P*: ¿hay posibilidad de un comportamiento distinto al de las cintas D y E ya que las mencionan?

G.4*: no. Los materiales que frotamos se atraían o repelían con E o con D, si no pasaba nada era porque la cinta o el cuerpo estaba en estado neutro, por eso no se atraían ni se repelían los materiales frotados con las cintas.

G.7*: Hay una fuerza contraria al frotamiento. La fuerza de fricción es contraria hacia donde nosotros hacemos la fuerza al frotar la bomba o el tubo de pvc. Entonces como se desprenden los electrones queda como una de las cintas, o E o D.

P*: el grupo G.4 ha mencionado algo interesante, para que haya atracciones o repulsiones, ¿deben estar en “desequilibrio” o en estado “no neutro”, como dicen ustedes, los dos cuerpos que se acercan o sólo uno de ellos?

G.4*: los dos están desequilibrados, uno tiene más cargas negativas que el otro y por eso se atraen cuando se acercan, si se tocan ya pasa otra cosa.

P*: ¿Qué otra cosa puede suceder?

G.4*: cuando los aluminios tocaban la bomba o el tubo de pvc de una vez se alejaban del él, o sea que se repelían porque se tocaron y entonces quedaron con la misma carga, D y D o E y E. positivas o negativas...uhm....

P*: ¿cómo es posible que queden con la misma “carga” como dicen ustedes, cuando se tocan?

G.4*: al acercar el tubo frotado ya está cargado, entonces hace que se reorganicen las cargas en el papel aluminio y las cargas positivas del aluminio comienzan a atraer las negativas del tubo por eso se atraen y cuando se tocan entonces quedan los dos materiales, el tubo y el aluminio con el mismo tipo de carga y por eso se alejan (repelen).

G.10*: pero eso depende del tipo de material porque eso solo pasaba con los aluminios, con los papelitos de cuaderno no, bueno de pronto con la sal y el azúcar también, pero más poquito...

P*: ustedes me dicen que los cuerpos están en estado neutro hasta que hacemos algo sobre ellos, por ejemplo frotarlos. Después de eso les pasa “algo” y por lo tanto se ven atracciones y/o repulsiones ¿es posible medir la cantidad de ese algo que les pasa a los cuerpos?

G.4*: sí...

G.3*: si porque a veces es mayor el efecto que otras veces. Cuando acercábamos por ejemplo la bomba al versorium el papelito giraba más fácil si la bomba estaba más cerca, si estaba muy lejos entonces no se veía ningún movimiento.

P*: la mayoría de los grupos dejó el versorium quieto y acercaba el material que habían frotado, ¿cierto?

Curso*:....sí....

P*: ahora hagamos lo contrario... frotamos esta bomba y dejémosla quieta y acercamos el versorium al lado de la bomba que fue frotado... ¿qué ocurre?

G.2*: si está más cerquita el papel aluminio gira más rápido y más fuerte...

G.5*: cuando se acerca se ve más el efecto y al alejarlo disminuye hasta que se hace cero, o sea no se ve nada.

G.3*: pues es lo mismo que si dejáramos quieto el versorium y moviéramos la bomba, entre más cerca se ve más el efecto...

P*: ahora quiero que pensemos en lo siguiente. Si los dos cuerpos, la bomba y el versorium están en “condiciones” iguales, es decir, con la misma carga como ustedes dicen, se vería el mismo efecto.

G.3*: si...

G.1*: no, porque entonces el aluminio no se vendría para el lado de la bomba si no que se alejaría, o sea, se repelerían.

G.3*: uhm, si... se deben repeler por que tienen las mismas cargas, como cuando uníamos las cintas d con d.

P*: ahora, si no frotamos la bomba y el aluminio y los acercamos ¿qué sucede?

G.1*: nada... porque ahora están iguales, están neutros.

G.8*: se quedaría quieto el aluminio porque ya no hay un cuerpo cargado que lo obligue a moverse.

G.6*: de pronto no pasa nada, porque ningún cuerpo se cargó ni positivamente ni negativamente, y como los dos deben estar cargados de manera diferente para que se atraigan o de manera igual para que se alejen entonces ya no pasa nada. Están iguales pero en equilibrio.

P*: ¿o sea que deben estar en condiciones de desequilibrio para ver atracciones o repulsiones?

G.1*: si, deben estar diferentes o iguales pero no en estado neutro.

P*: Si los dos están en estado neutro ¿no están iguales?

G.7*: Si, pero en equilibrio los dos, y debe haber desequilibrio...

G.6*: ¿profe no pueden estar en estado neutro, uno de los dos? la bomba o el aluminio deben tener más positivas o más negativas pero no iguales.

G.9*: no, uno de los dos no... los dos deben tener más o menos cargas positivas o negativas, ninguno de los dos puede estar neutro

G.4*: si, si se puede...

Curso*: discusión... si se puede... no se puede...

P*: bueno vamos a pensar en lo siguiente, independiente de que uno o dos de los cuerpos no pueda estar en estado neutro... pero si vamos a tener en cuenta esa condición de que los cuerpos estén en desequilibrio, llamémoslo “eléctrico”, ¿cómo es posible que sin tocarse la bomba con el aluminio éste se mueva? ¿Por qué ocurre esto?

G.6*: porque el aire conduce esa energía...

P*: ¿qué tipo de energía?

G.6*: eléctrica....

P*: uhm... entonces les parece si hablamos por ahora de electricidad en lugar de energía...

G.1*: jajaja... si porque energía hay muchas

P*: haber... sin burla...es para que precisemos un poquito más los términos..., Sí, Oscar tiene razón, hay varios tipos de energía, entonces en este caso estamos hablando de...

G.9*: energía pero eléctrica

P*: vamos a referirnos como electricidad, que hasta ahora ustedes me han mencionado que hay dos tipos de esa electricidad, ¿recuerdan?

G.1*: positiva, negativa y neutra

G.9*: no, solo positiva y negativa,... neutro es cuando tienen la misma cantidad de negativa y de positiva, eso es neutro.

P*: bueno pero volvamos a lo que estábamos diciendo, hay atracciones o repulsiones bajo condiciones de desequilibrio, ahora bien ¿cómo es posible que sin tocarse los cuerpos se vean estos efectos?

G.1*: porque el aire transmite esa energía... energía eléctrica...

P*: Entonces, ¿qué es lo que está en desequilibrio? ¿Los dos cuerpos? ¿Los cuerpos o el medio? ¿O los dos?

G.9*: no, solo los cuerpos, el medio solo conduce la electricidad estática

G.6*: yo creo que el medio también tiene partículas positivas y negativas, entonces también se puede desequilibrar.

G.7*: ...más bien el aire es el que neutraliza la carga después de un tiempo... pero entonces el quedaría cargado con las cargas que recibió de la bomba...después de un tiempo todos vuelven a estar como al principio.

P*: Entonces, si el medio también se ve afectado, ¿todos los puntos del medio (ustedes llaman aire) ubicados entre la bomba frotada y el versorium están igualmente afectados?

G.7*: no... porque vimos que entre más cerca o más lejos estén la bomba y el versorium el efecto aumenta o disminuye, entonces el versorium nos permite medir (entre comillas) eso invisible y vimos que entre más cerca es más intenso y entre más lejos es menos intenso.

G.4*: yo creo que es como un imán, entre más cerca, más fuerte esa energía.... /* el grupo refuta*/... con un imán es distinto, bueno si tiene que ver la distancia pero eso es por un campo magnético y aquí no. El imán crea campos magnéticos, y aquí hablamos es de cargas no de polos.

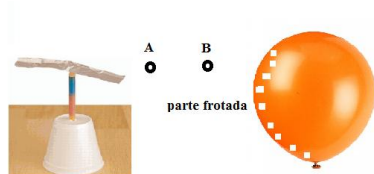
G.10*: nosotros no podíamos ver si el medio se afectaba arto o poquito pero con el versorium sí, es como una lupa que agranda lo que no vemos, y con esa lupa veíamos que entre más cerca el medio está siendo más afectado.

P*: suena muy interesante lo que menciona el grupo de Chilatra... y retomando ese aporte quiero preguntarles, ¿entonces hay una diferencia entre dos puntos cualquiera de ese medio, respecto a como se ve afectado por la bomba que se frotó, por ejemplo?

/* ...silencio... */

G.8*: ¿cómo así profe?

P*: me dicen que el medio (aire) se ve afectado de manera distinta, el medio que está más cerca de la bomba, más se afecta y entre más lejos, se afecta menos, y me dicen que eso lo pueden ver gracias al versorium que es como una lupa que nos deja ver lo que antes no veíamos, entonces si coloco una bomba frotada y quiero mirar la forma como se ve afectado el medio en dos puntos distintos, ¿se registra una diferencia?



Esquema dibujado en el tablero.

G.10*: no, en el punto B es mayor el grado de afectación del aire y en A es menor.

G.7*: hay una diferencia en la intensidad de la energía que hay en la bomba y en el aire y en el aluminio.

P*: ¿explícame eso?

G.7*: antes de frotar la bomba si se acerca al versorium no pasa nada porque están en equilibrio, no están cargados ni la bomba ni el versorium, o el electroscopio... uhm... cuando se frotan entonces se carga la bomba y adquiere una energía que transmite al aire, como el calor de una fogata, está en la fogata pero también en el aire que está cerca de la fogata, si nos alejamos el aire se siente más frío. Lo podemos sentir, aunque no lo veamos. Con la energía de la bomba no la

vemos pero el versorium es como la lupa que deja “ver” lo que no veíamos y si está más cerca la energía eléctrica es mayor porque el efecto de atracción o repulsión es más fuerte, si está más lejos, es menor hasta que se aleje mucho que no pase nada.

P*: ¿la energía en ese punto es cero?

G.7*:... creemos que sí...

G.2*: sí, por eso no pasa nada con el versorium y cuando se le acabe esa energía a la bomba también va a ser cero en los puntos que están muy cerca de la bomba.

G.10*: no profe, la energía nunca va a ser cero... o si no estaríamos diciendo que la energía se destruye.

P*: Entonces ¿qué sucede?

G.2*: la energía se puede transformar no crear ni destruir.

G.7*: Ay profe ya sabemos que pasa... cuando frotamos el tubo la energía era térmica porque se calentó, pero rápidamente se convirtió en eléctrica y por eso se atraen los papelitos, entonces no es que se acabe sino que se está convirtiendo en otro tipo de energía.

G.8*: y ¿cuál?

*/*Se presentan discusiones entre los grupos*/*

G.4*: podría ser otra vez térmica, estamos a temperatura ambiente, de pronto sube pero como es tan poquito no nos damos cuenta..

G.8*: no, debe ser en energía cinética y por eso se mueve el versorium

G.7*: o en energía potencial porque cuando se equilibran las cargas y el cuerpo queda neutro entonces ya no se mueven.

P*: ¿Están todos de acuerdo que hay transformaciones de energía?

*/*Los estudiantes se miran unos a otros, la mayoría dicen que sí y sólo unos pocos quedan callados*/*

G.5*: el versorium sirve para detectar cuerpos cargados, o sea que tienen energía no campos magnéticos... o sea, se da una carga por inducción y por eso vimos que unos materiales se atraían y otros se repelían, porque esa inducción produce una fuerza electromotriz.

P*: ¿cómo así?

G.5*: O sea se quedan cargados y esto quiere decir que tienen una polarización positiva o negativa, por ejemplo al frotar el tubo de pvc éste adquiere cargas positivas y el aluminio cargas negativas. Antes que haya fricción está en reposo.

P*: ¿qué quieren decir con “está en reposo”?

G.5*: o sea no hay cargas.

G.1*: Que los electrones están quietos... Entonces al frotar queda cargado positivamente.

G.5*: al frotar lo negativo se vuelve positivo... todo tiene cargas negativas.

G.7*: no, ya habíamos dicho que era que tenía las mismas cargas negativas que positivas...

P*: bueno hasta el momento ustedes me han hablado por lo general de cargas positivas y negativas. Con la actividad de las cintas ustedes realizaron una organización de acuerdo a esas manifestaciones de atracciones y repulsiones, ¿cierto?

G.10*: si señora,...por ejemplo frotamos el marcador con el cabello y atrajo a D pero rechazó a E y así hicimos con varios objetos. Entonces como las cinta E y E se repelían y también las D y D, en cambio cuando acercábamos D y E se atraían por el lado que no tenían pegante entonces decíamos por ejemplo que el marcador era como una cinta E porque atraía a D y repelía a E.

P*: muy bien. Si señores, de ahí es que surge esa notación o representación de cargas positivas y negativas, no es que haya cargas positivas y negativas, sino que alguien (y no solo una persona, muchas personas) se dieron a la tarea que ustedes están realizando en estas sesiones, y comenzaron a clasificar los materiales según su comportamiento entonces decían, ¡ay...estos se comportan de esta forma y estos (otros) de otra forma! Pero ese trabajo es posible no solo en virtud de ver atracciones y repulsiones, sino también de algo que algunos de ustedes en algún momento llamaron grado de electrificación. Ese estado que adquieren los cuerpos al frotarlos es a lo que ustedes hacen referencia en sus escritos como “electrificar un cuerpo”, es decir que los cuerpos sufren cambios de estado respecto a su comportamiento eléctrico.

G.8*: uhm.... nosotros decíamos que era como cuando un cuerpo pasaba entre diferentes estados de frío a caliente, primero frío, luego tibio y va aumentando su grado de calor hasta que no lo podemos tocar porque está muy caliente... entonces al frotar un cuerpo pasa de su estado neutro a su estado de máxima electrificación y eso depende del tipo de material y de que tan fuerte se frote...

P*: algo así.... Es a ese grado o cantidad de electrificación, lo que se suele llamar carga eléctrica, como la medida de esa electrificación... qué tanto se electrifico.... Ustedes lo mencionaron bastante en sus escritos, solo que hablaban de cantidades de energía, cantidades de carga, cantidad de electricidad e incluso cantidad de corriente.

Para terminar, quiero preguntarles ¿a qué hacen referencia con “esa cantidad de corriente que fluye de la bomba a los papelitos o al versorium”?

G.8*: no aquí no es corriente, bueno a veces sí, cuando tocamos una puerta o a alguien y sentimos ese corrientazo en el cuerpo. Pero por lo general de cuando hay cables en una conexión.

G.3*: es que hay corriente de dos clases, la que sentimos por un momento chiquitico cuando tocamos a otra persona que está cargada o la que dura arto y puede matarnos si no soltamos los cables por donde pasa la corriente, por ejemplo un cable pelado de la nevera, si lo toca se electrocuta.

G.9*: entre la bomba y el aluminio del versorium si hay una corriente, sólo que no podemos decir lo que siente (entre comillas) la bomba o el versorium, y esa se acaba rápido.

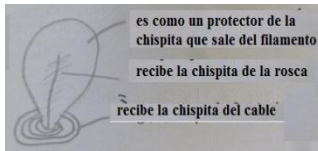
G.2*: la corriente es el paso de electrones de un lugar a otro, en ese caso de la bomba al versorium o al electroscopio también...y en un circuito a través de los cables hasta el bombillo.

G.5*: bueno, vamos a cerrar aquí porque de lo contrario no alcanzamos a desarrollar la sesión del día de hoy. Pero quiero que tengan en cuenta sus intervenciones para el análisis de las siguientes situaciones planteadas en las próximas actividades. Recuerden esas condiciones de desequilibrio que mencionaron al hablar de las formas de electrificar los cuerpos, bien sea por contacto, por fricción o por inducción (sólo acercando los cuerpos a interactuar). También tengan presente esas diferencias en la cantidad de electrificación entre dos puntos distintos del sistema (cuerpo-medio-cuerpo). Y recuerden también que mencionamos que la medida de esa cantidad de electrificación que adquieren los cuerpos es lo que se suele llamar carga eléctrica.

ANEXO 2. Transcripción de los registros escritos de la Etapa 2.

Sesión 3A

1. Con qué elementos se elabora un bombillo y cuál es la función de cada uno de ellos. Explica el mecanismo de funcionamiento del bombillo.

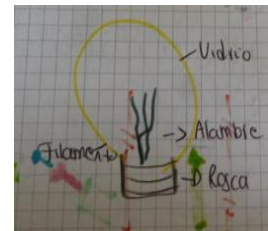


G.1. Un bombillo se elabora con un vidrio que sirve como protector de la chispa que sale del filamento.

El alambre que está dentro es el que recibe la chispa que proviene de la rosca y la roseta es la que recibe la chispa del cable.



G.2. Un bombillo está elaborado con distintos materiales, el vidrio que es el que protege y que además hay unos bombillo que cuando se rompe el vidrio de afuera, entonces no enciende más. Solamente los que tienen otro vidrio por dentro, no importa si se rompe el de afuera porque igual sigue prendiendo. Ese vidrio como que trata de encerrar el calor para que no se escape tanto, cuando tocamos el vidrio está muy caliente. También tiene alambres y roscas que son hechas de algún metal porque es buen conductor de electricidad.



G.3. La roseta sirve para que el bombillo no se sobre cargue y explote. La rosca para enroscar el bombillo y para transmitir la energía. El filamento es donde llega la energía y se transforma en luz. Y el vidrio sirve para que la luz se mantenga en un punto estable.

G.4. se necesita hilo de cobre que es lo que está por dentro del bombillo, se necesita una rosca de metal, también vidrio y electricidad. La corriente pasa por el filamento, creemos que es porque en el techo hay unos cables que conectan con los tornillos de la roseta y a su vez, esos tornillos están unidos con el filamento por medio de otros cables, y eso genera tanta electricidad que pasa por el filamento, cuando la apaga la electricidad comienza a parar.

G.5. un bombillo está hecho con materiales que deben ser conductores de corriente que después se convierte en luz, otras veces se convierte en sonido o en imágenes, pero en el bombillo se convierte en luz.

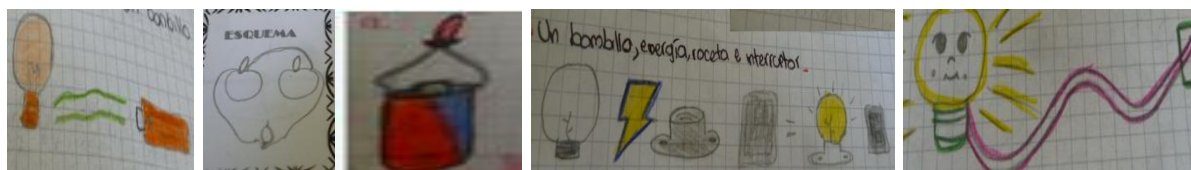
G.6. un bombillo es construido con materiales aislantes como el vidrio, para que no se escape la energía, solo el calor y con materiales conductores como el alambre con el que se hace el filamento del bombillo, y la roseta.

G.7. el bombillo tiene unos materiales que son muy buenos conductores de electricidad. Por ejemplo el alambrito enrollado que está por dentro y también hay otros alambres pero son rectos y llegan hasta tocar ese alambrito delgado. Cuando se rompe entonces el bombillo se funde, por eso no pasa corriente, porque se rompe el circuito del bombillo. Es como si estuviera abierto el interruptor del circuito.

G.9. el bombillo lo construye gente experta porque no sirve cualquier metal, debe ser un alambre especial que deje que pase la corriente hasta el bombillo.

G.10. con cerámica, con alambre y con vidrio. La cerámica es para sostener el bombillo, el alambre transporta la energía y el vidrio no sabemos para que servirá...de pronto es para que el bombillito no se vea tan feo, como para darle estética.

2. Qué elementos necesitas para lograr encender un bombillo.



Diagramas de los grupos 1, 3, 7, 8 y 9 respectivamente.

G.1. Energía, electricidad, algo que la transporte, un interruptor si queremos frenar esa corriente.

G.3. pila, cable, roseta y bombillo. Y una papa como hicieron el año pasado los niños que estaban en once.

G.7. una fuente (puede ser una pila), cables y un bombillo.

G.8. se necesita el bombillo obviamente, una roseta, un interruptor y energía.

G.9. se necesita el bombillo, cables y una fente de poder (pila o enchufes), también se necesita energía, electricidad y así se producirá la luz.

G.2. cable, batería, led, interruptor.

G.4. como hicieron mis compañeros del otro curso que usaron limones, monedas y arandelas, un cable y un bombillo pero led, pues necesita menos energía.

G.5. cables, bombillos, y corriente.

G.6. una pila, dos cable y un bombillo led. O un bombillo, cables y enchufe.

G.10. necesitamos algunos materiales que sean compatibles con la electricidad como el cobre que es conductor o algunos metales lo cuales permiten el paso de energía generando que el bombillo prenda.

3. Cómo organizas esos elementos para que puedas obtener luz en el bombillo.



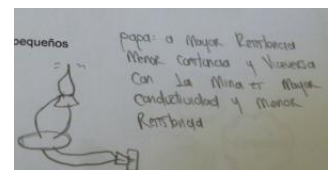
G.1. Coloco los dos cables en los polos positivo y negativo de la pila y luego los conecto tocando la roseta del bombillo.

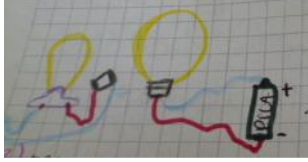


G.2. se pueden conectar de dos formas, colocando los cables en los tornillos de la roseta que tiene el bombillo o se puede conectar la parte inferior del bombillo con uno de los polos de la pila y con un cable unir el otro polo de la pila con la rosca del bombillo.



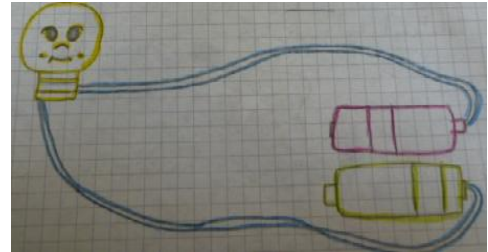
G.3. los cables se deben colocar en los tronillos de la roseta y esos se conectan a la toma y si colocamos la papa, entonces ponemos los cables en la papa y luego en la toma.





G.4. el bombillo prende porque la pila emite ondas negativas y positivas por un conductor que hace que pase por los cables y llegue al bombillo.

G.5. si uso dos pilas el bombillo enciende más fácilmente, pero para eso se deben colocar las dos pilas polo negativo de una con el polo positivo de la otra. Los cables se conectan a los extremos libres de las pilas, o sea a los polos negativos y positivos que quedaron solos y los otros extremos de los cables también se pelan y se colocan uno en la rosca del bombillo y el otro en la parte puntuda (inferior) del bombillo.

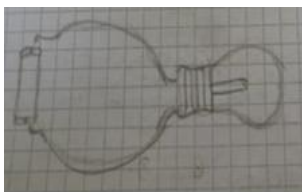


G.6. se unen los cables a la pila, uno un negativo y otro en positivo generando corriente y esta se dirige hacia el led.

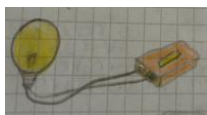
G.7. se ponen los cables sobre la carga de la pila, un cable en el polo positivo y otro en el negativo se conectan ambos cables a las entradas del bombillo a través de la batería y por los cables se pasa la energía necesaria para que el bombillo encienda.



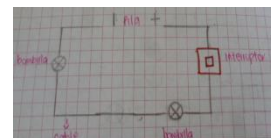
G.8. cable es el conductor, la batería es la carga, el led es el receptor y un interruptor para interrumpir o no que pase la carga.



G.9. conectaría primero los cables con la batería y luego con el cable se conectaría al bombillo para que prendiera.



G.10. se conecta más con más y menos con menos. O, más con menos y menos con más. Los bombillos no tienen signos que muestren donde es más y donde es menos como en una



pila, entonces no importa el orden. Al conectar los cables con la pila se transmite la energía hasta el bombillo.

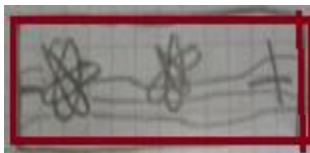
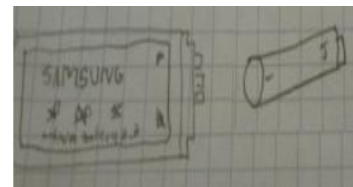
4. Cuál es la función de cada uno de esos elementos

G.1. La pila es la fuentes de poder y los alambres son los que conducen la energía. Si se funde el bombillo se devuelve toda la energía... y si se apaga el interruptor, se devuelve un poco de energía, al resto se queda en los cables.



G.2. La función de la pila es transmitir energía o electricidad a un objeto que la necesite. Los cables tienen como función recibir la energía o electricidad y por medio de ellos, transportarla hasta el objeto o bombillo. La función del bombillo es recibir la energía o electricidad y por medio de todo el proceso, brindarle un bien a la sociedad. Dentro de la pila hay cobre y mercurio líquido, éstos dos entran en contacto y generan energía encendiendo el bombillo.

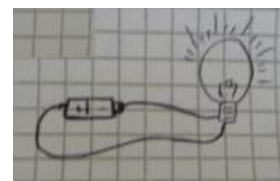
G.3. dado el ejemplo de una batería de celular el funcionamiento dentro de la batería tiene un elemento llamado litio que es el que le da el funcionamiento al celular y dentro de una pila normal tiene voltios.

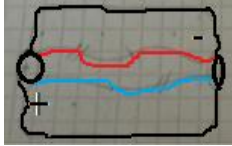


G.4. La función de la pila es mover los electrones que hay dentro de los átomos hasta los bornes de la pila, y luego darle esa energía al resto del circuito para que prenda el bombillo.

G.5. El funcionamiento de una pila se debe a que dentro hay energía por los átomos y hace que se muevan las cargas por todo el alambre hasta llegar al bombillo...esto es por los voltios que tienen todas las pilas. Los cables son esos conductores para que la energía pueda llegar hasta el bombillo.

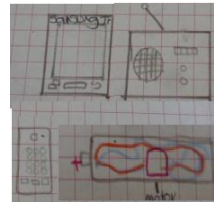
G.6. La función de la pila es transmitir energía por los cables ya que eso hace que el bombillo pueda prender. La energía va por un cable, llega al bombillo y se devuelve otra vez a la pila pero por el otro cable (el blanco).





G.7. creemos que una pila tiene por dentro unos cables para convertir la energía a positivo y a negativo. Más bien para separar las cargas positivas de las negativas como pasaba en los experimentos con la bomba y el versorium...se separaban las cargas.

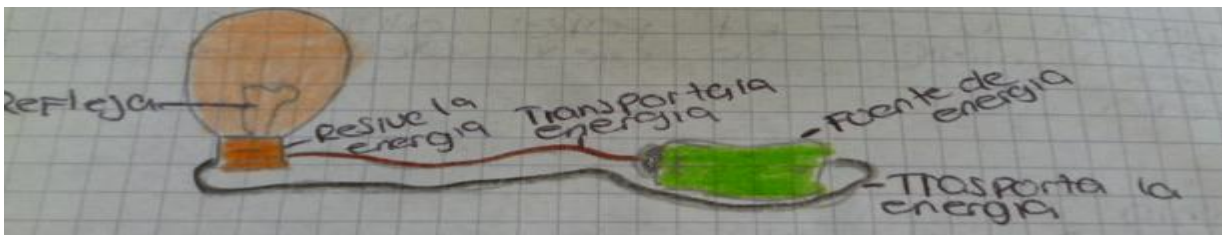
G.8. la función de la pila es transmitir energía al celular, al radio o al control de TV, etc... las pilas tienen muchos cables que transmiten diferente energía (tiene + y -), tienen un motor por dentro.



G.9. consideramos la pila como un medio electrónico que recibe y transmite energía a todo medio electrónico: bombillos, controles, juguetes, etc...

Para el desarrollo de una fuente conductora de corriente como la pila, hay que conocer la cantidad de corriente suministrada por ella y la cantidad de corriente necesaria, y esto depende del bombillo, esos bombillos pequeños prende con una pila, pero los de la casa necesitan más voltios.

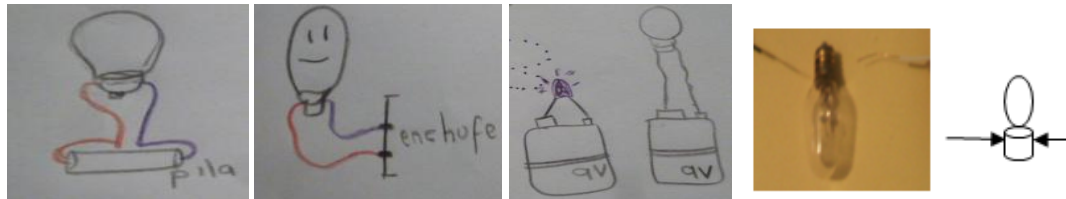
G.10. estos elementos se unen para formar un circuito cerrado y así enciende el bombillo, si está abierto, o sea interrumpido, no prende el bombillo, o cuando está fundido. El filamento tiene la función de reflejar la energía que se convierte en luz cuando llega al bombillo. La rosca del bombillo recibe esa energía que viene de la pila a través de los cables.



5. Esboza (dibuja) arreglos en lo que haciendo uso de un bombillo, un enchufe y un par de alambres, ilustres de cuántas maneras posibles se podría encender el bombillo. En compañía de tu profesora realiza los diseños experimentales que propones y realiza una lista de los arreglos en los que prendió el bombillo y una lista de arreglos con los que no prendió. Analiza cada esquema y explica lo sucedido.

ARREGLOS / ESQUEMAS	¿ENCIENDE?

P: los siguientes esquemas no tienen presente la forma como deben estar conectados los cables a la rosca del bombillo. Situación que genera un corto eléctrico y que será evidenciada a través del montaje experimental.



Esquemas de los grupos 4, 2 y 7 respectivamente y fotografía del montaje experimental.

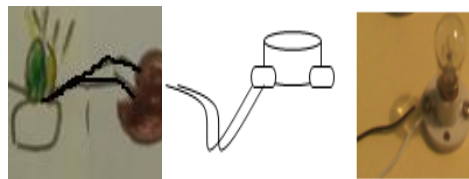
G.4. si conectamos un bombillo de la casa a una pila no va a prender porque la pila no genera la corriente necesaria para que ese bombillo prenda.

G.2. podemos conectar el bombillo directamente a los cables sin necesidad de usar una roseta.

G.7. podemos conectar el bombillo directamente a los cables sin necesidad de usar una roseta.

P: solo uno de los grupos realiza un esquema en el que los dos cables se conectan sólo a un tornillo de la roseta; en el registro escrito se expresa la misma condición.

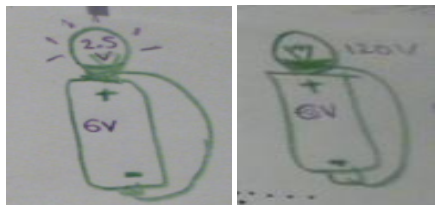
G.7. Se deben conectar los dos cables al menos a uno de los tornillos que tienen las rosetas en las que se coloca el bombillo, para que pueda llegar la corriente al filamento del bombillo.



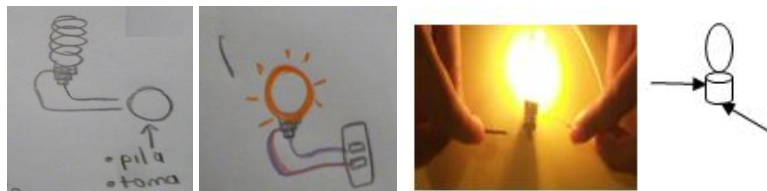
G.8. si queremos prender un bombillo, debemos usar una fuente más potente que una pila, con la pila solo podríamos llegar a prender los bombillitos de los juguetes. Además si usamos una roseta para colocar el bombillo y conectar los cables en los tornillos para que llegue la energía que proviene de las fuentes de alto voltaje (enchufe) debemos mirar que las láminas de metal no se estén tocando o si no hace cortocircuito y dañamos el bombillo. Lo fundimos. Deben estar tocándose todos los elementos del circuito, la fuente, los cables y el bombillo, pero adecuadamente.



G.5. con una pila de 6 voltios solo podemos prender un led, no un bombillo de 110 voltios como los de la casa. Esa pila no tiene la energía suficiente para hacer prender el bombillo normal. Toca comprar de esos pequeñitos que dicen 2.5V o 3V. Esos si prenden...si colocamos estos en la corriente normal se estalla el bombillo porque ahora sería mucha energía.



G.2. los dos cables no pueden tocar la rosca del bombillo al tiempo, es como si se unieran directamente y entonces se produce un corto.



P: las fotografías son evidencias de los montajes experimentales realizados para contrastar los modelos propuestos inicialmente a lápiz y papel.

6. ¿Por qué circuito es un nombre especialmente adecuado para un arreglo de un bombillo con una fuente (batería-toma) y un alambre, en el que se enciende el bombillo?

G.1. para que sea un circuito debe existir unas conexiones que permitan que prenda un bombillo, o suene un equipo o funcione un control. Para eso es necesario que haya una fuente de energía.

G.2. porque es como un “círculo cerrado” que tiene un comienzo y un final. En este caso el comienzo está en uno de los bornes de la pila y el final en el otro borne. La energía está en la pila y produce una perturbación que hace que los electrones se empujen hasta el otro borne.

G.3. porque la pila tiene unas sustancias que hacen una reacción redox y eso hace que las cargas positivas y negativas se separen y al colocar unos alambres con unos bombillos se trata de

equilibrar el circuito para que quede la misma energía dentro de la pila y fuera de la pila. Ahí hay tres tipos de energía, química por la sustancias, térmica porque se calientan los cables y el bombillo y eléctrica porque prende el bombillo. Esas energías se convierten todo el tiempo.

G.4. el circuito es un sistema eléctrico en el cual se puede generar corriente para encender algún tipo de bombillo u otras cosas, como sentirla en nuestra lengua o dedos.

G.5. por lo que es un círculo con comienzo y final y tiene por donde correr la corriente.

G.6. el circuito cerrado hace referencia a la conexión de dos o más bombillos en forma de serie, si quitamos un bombillo la corriente es interrumpida no enciende nada.

G.8. la pila se conecta con los cables, va positivo a negativo para que pueda prender el bombillo y los cables realicen su función. Para nosotros un circuito cerrado sería así:

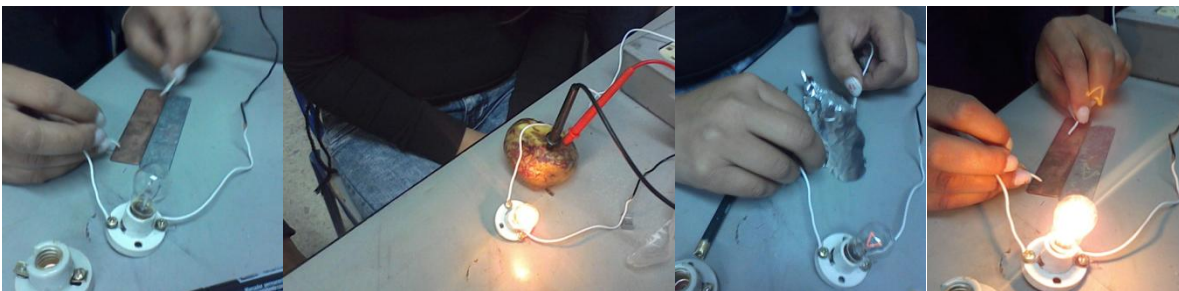


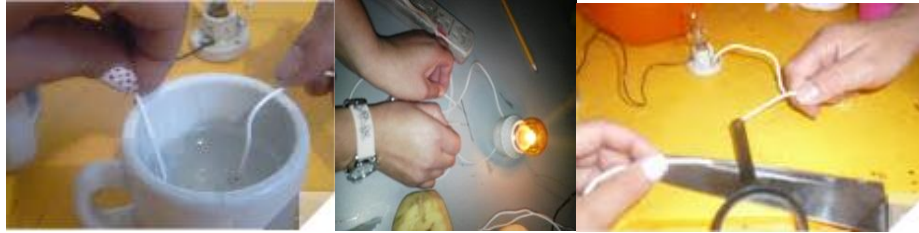
G.10. porque el bombillo es como una resistencia que no deja que pase bien la corriente, pero tiene que ser así para que prenda, sin bombillo se hace un corto al unir los cables. Los obstáculos para que pase la corriente sin problemas serían como los demás carros que hay en una pista de carreras, que no dejan pasar fácilmente al carro que quiere llegar al punto de donde salió.

7. Usando una bombilla, una fuente y dos cables, prepare un circuito eléctrico en el cual el bombillo encienda. Introduzca los siguientes materiales dentro del circuito y elabore un diagrama que muestre la disposición de los elementos y lo que sucede con el bombillo.

Porcelana, plástico, papel, vidrio, una mina de lápiz, una papa, limón, vinagre, sal, acero y alambre de cobre.

¿Tiende el bombillo a continuar con el mismo brillo o se atenúa o se apaga? ¿A qué se debe tal situación?





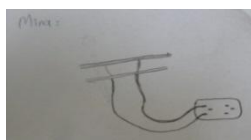
G.1. podemos definir que algunos elementos naturales y caseros son productores de luz por la cantidad de electricidad que adquieren.

Cuando conectamos la mina en el circuito, se generó una chispa y se escuchó como cuando frotábamos la bomba y la acercábamos a nuestras orejas, se oía como el ruido que hace una chispa, parecido al de la pantalla del televisor cuando se apaga o prende y se pasa la mano por la pantalla.

Cuando agregábamos más sal al agua, se aumentaba la luz ya que la sal es un conductor y hace que se genere más energía y corriente al bombillo. También consideramos que la papa es un conductor ya que la papa puede tener un poco de energía por esta razón es un conductor, por eso prende el bombillo.

G.3. los cables puestos en solo sal o en solo agua no pasa nada, cuando comenzamos a agregar sal va aumentando la intensidad porque ella depende de la cantidad de sal, eso es oxido reducción. Con la papa: a mayor resistencia menor conductancia y viceversa. Con la mina es mayor la conductividad y menor resistencia.

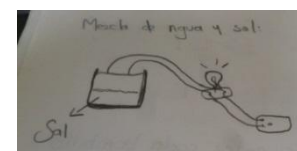
G.4. si se sustituye la papa por agua y se va agregando sal esta le va a dar más intensidad al bombillo entre más sal por la oxido reducción.



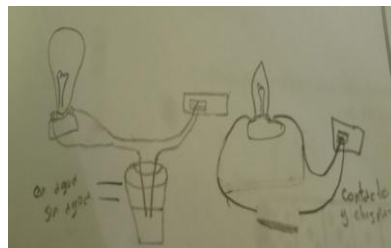
G.7. al conectar los cables a la papa y al bombillo se estaría generando un conector de la energía para encender la bombilla.



G.9. Al unir los dos cables con las dos minas estas se intentan soldar quedando ambos pegados y los cables se cambian de color por lo que se intentan soldar. La mezcla de agua y sal es un conductor de corriente. El agua sola o la sal sola no funcionan como conductores de corriente.



G.8. se genera por el contacto chispas en la mina, en la papa. En el agua con sal se forman unas burbujas que parece que salen de los pedazos de cobre que están sumergidos en ellos. Eso nos indica que se está produciendo la oxidación, por eso los metales han cambiado de color, como que se oxidan, como cuando se deja una puntilla en un lugar húmedo expuesta a la luz del sol.



8. Clasifique los materiales en diferentes categorías (enciende / no enciende) de acuerdo a los efectos en la bombilla. Haga una lista de los objetos en cada categoría.

ENCIENDE	NO ENCIENDE	OBSERVACIONES
Una mina de lápiz, una papa, limón, vinagre, agua salada, lo metálico, papel aluminio, alambre de cobre.	Porcelana, plástico, papel, vidrio, sal, agua.	“Con unos materiales el bombillo enciende más que con otros”. P: es una afirmación que se encuentra en la mayoría de los grupos. Respecto a la clasificación de los materiales todos los grupos coinciden con la expuesta en las dos columnas anteriores.

¿Qué tienen en común la mayoría de los objetos que permiten que el bombillo prenda?

G.1. los que son materiales sólidos, la mayoría son algún tipo de metal, excepto el lápiz que es carbón y éste es un muy buen conductor de electricidad. Los demás materiales tienen ácidos, cítricos o almidón y son sustancias que también son muy buenas conductoras de electricidad.

G.2. son metales o algún tipo de ácido.

G.3. todos son conductores de electricidad, pero unos son mejores que otros, por lo que el circuito hacía que el bombillo prendiera de maneras diferentes. La intensidad variaba...el bombillo es como el versorium que hacía de lupa para ver los que sucede y que nosotros no podemos ver. Por eso, el bombillo muestra que el circuito está afectado por cortar los cables y unirlos con otro material.

G.4. todos esos materiales son muy buenos conductores de energía. El agua no tanto, pero cuando se le agrega sal se hace mejor conductora de energía. Son resistencias que se ponen en el circuito y por eso no pasa toda la corriente con facilidad.

G.5. como cortamos los cables impedimos el paso de corriente entonces al colocar esos materiales se formaban chispas porque esos materiales se oponían un poco al paso de la corriente y por eso el bombillo prendía con menor intensidad en algunos casos entonces las chispas eran esa energía que trataba de escaparse del circuito.

G.6. a Nicolás le cogió la corriente porque cerró el circuito con sus manos y cuerpo en lugar de la papa. Entonces esos materiales como son buenos conductores (unos más que otros) lo que hacen es cerrar el circuito. Los buenos conductores son malas resistencias y las buenas resistencias son malos conductores del paso de la corriente.

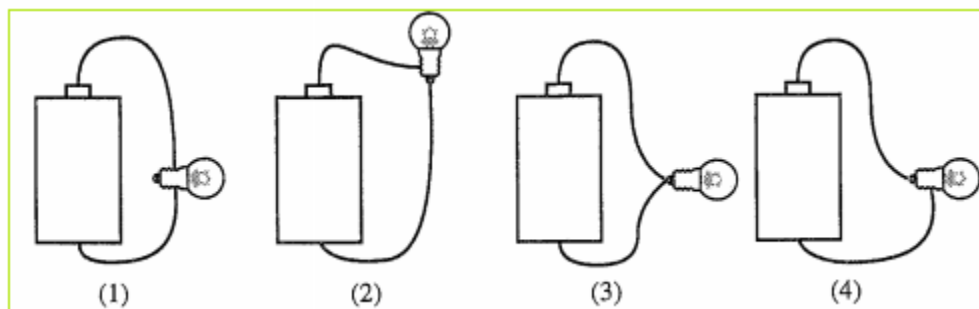
G.7. esos materiales son buenos conductores y además trataban de pegarse o soldarse con los cables al cerrar el circuito por medio de ellos. Funcionan como un interruptor.

G.8. al conectar esos materiales el brillo del bombillo cambiaba, es porque unos materiales o sustancias hacen mejor el trabajo de dejar pasar la corriente. La resistencia de unos materiales es más grande que la de otros.

G.9. al conectar esos materiales vimos que unos son mejores conductores que otros. Los metales son los mejores y el almidón de la papa es conductor más pequeño porque no deja pasar toda la corriente.

G.10. notamos que esos materiales, todos, actúan como resistencias que se oponen al paso de la corriente. Por ejemplo el papel, la cerámica y otros se oponen completamente, o sea que son altas resistencias, en cambio los metales y ácidos tienen poca resistencia.

9. ¿En cuál de los circuitos de abajo prenderá el bombillo?, sucede algo diferente en alguno de ellos.



Grupos: 1, 2, 3, 4, 8 y 9 “El bombillo 1 no prende porque hace corto”.

G.1. El bombillo 1 no alcanza a prender porque hace corto, pues los cables llegan los dos al mismo punto. La corriente llega por los dos cables y se encuentra en el mismo punto y se produce una chispa (corto)

G.2. El bombillo 1 y 3 no prenden porque hacen cortocircuito.

G.3. El bombillo 1 no prende porque hace corto pero los demás sí. La energía llega al bombillo por un cable y vuelve a la pila por el otro cable.

G.4. El bombillo 1 no prende porque hace corto porque los dos cables tocan la roseta y lo mismo pasa con el bombillo 3 porque los dos cables llevan la corriente al mismo punto.

G.5. Todos prenden porque tienen los dos cables, la pila y el bombillo y además el circuito está cerrado.

G.6. Todos prenden con el mismo brillo porque todas las pilas y bombillos son iguales y les llega la misma corriente desde el polo negativo hasta el polo positivo.

G.7. el 1 no prende, el 2 si, el 3 no y el cuatro sí. Porque la pila le da energía que se mueve en los cables del circuito en los circuitos 2 y 4 y se convierte en energía térmica y en energía de luz.

G.8. Los bombillos 1, 3 y 4 no prenden porque hace corto, en cambio en el dos si prende porque le llega toda la energía de la pila al bombillo y se convierte en luz y se devuelve por el otro cable a la pila y otra vez se vuelve en energía de la química por oxidación por las sustancias con las que se hace la pila.

G.9. El bombillo 1 no prende porque hace corto.

G.10. los bombillos dos y cuatro si prenden porque están bien conectados, nosotros lo hicimos en el experimento.

10. Dibuja diagramas estándar de los cuatro circuitos con arreglos de batería, bombillo y alambres del anterior numeral. ¿Cuáles de estos circuitos tienen diagramas estándar de circuitos idénticos?

G.5*: profe ¿cómo así diagramas estándar? Es que no sabemos qué es eso.

P*: bueno, chicos todos presten atención aquí un momentico para cuando lleguen al punto 10. Suspendamos un momento por favor...

Ustedes en una de las clases anteriores habían dibujado unos “circuitos” y yo les pregunté que por qué los dibujaban así, alguno de ustedes me dijo que la profesora de tecnología los había dibujado....

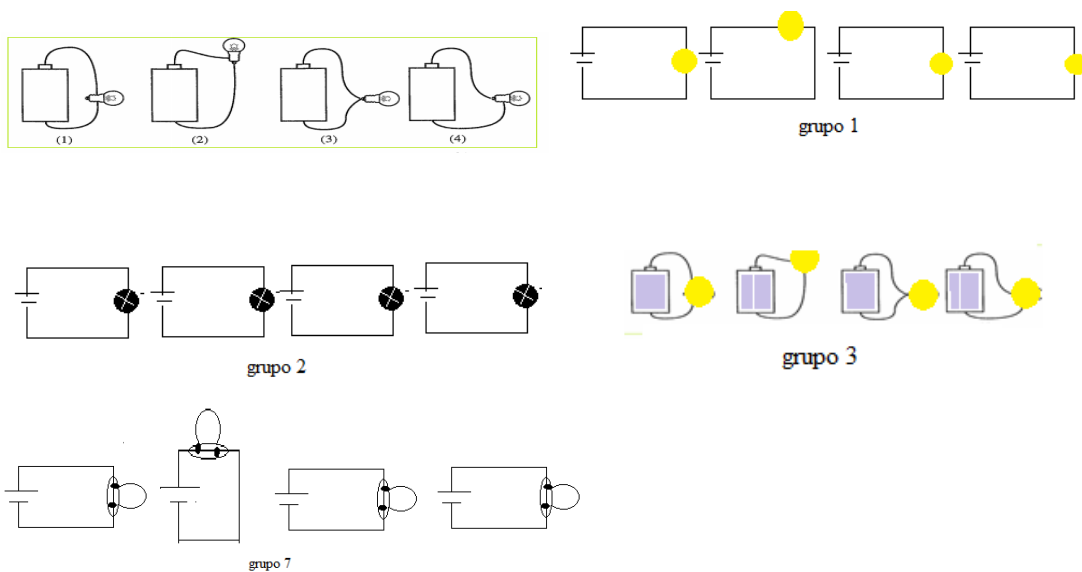
G.5*: ay si ya....

P*: Daza pasa y dibujas uno en el tablero para que los demás tengan una idea más clara de los diagramas “estándar”

/*...el estudiante pasa y hace el esquema en el tablero.... La mayoría expresan: ¡...ay sí, ya en física también los pintó el profe cuando vimos la leyes de un tal Kirchoff..!

P*: bueno, entonces la idea es que ustedes transcriban los circuitos del punto 9 de esta sesión a diagramas estándar y miren en que se podrían diferenciar y en que no.

/*Los estudiantes continúan trabajando en sus grupos, a continuación se exponen algunos de esos diagramas y la dificultad que ellos manifestaron mientras trataban de elaborar sus esquemas*/



G.4*: profe no sabemos, es que como hacemos para diferenciar el punto donde llegan los cables al bombillo, es que en esos diagramas todos los bombillos se pintan igual. Ni siquiera se puede diferenciar si prenden arto o poquito o si pasa harta o poquita corriente.

G.5*: profe, todos quedan igual.

G.10*: ...solo se diferencian porque unos cables son más largos y otros más cortos. Además unos bombillos están arriba y otros abajo. Tocaría dibujar los cuadros de los diagramas estándar de diferentes tamaños.

Sesión 3B

- ✓ Tome el tubo de PVC y frótelo vigorosamente con una hoja de cuaderno que haya sido arrugada previamente.
- ✓ Acerque uno de los bornes de la lámpara al tubo de PVC inmediatamente después de ser frotado.

- ¿Qué sucede?
- Explica con tus palabras lo que observas.
- ¿Por qué se interrumpe el “efecto” percibido?
- ¿Se puede prolongar de alguna manera este efecto? ¿Cómo?

Existe alguna relación entre la forma de que un bombillo emita luz como en la sesión anterior y en esta sesión.
Justifica tu respuesta.

/*En esta sesión se realiza la lectura de las cinco preguntas mencionadas anteriormente con el fin de que los estudiantes vayan expresando sus modelos explicativos y se genere una discusión alrededor de lo que perciben con sus sentidos, por lo que los registros obtenidos en esta sesión son audios y no textos escritos.

P*: ¿qué sucede con la lámpara cuando Chilatra frota el tubo de pvc y lo acerca a uno de los bornes de la lámpara fluorescente?

G.7*: la lámpara hace como un destello debido a la energía que se transfieren del tubo de pvc al bombillo. Es decir, se le está dando la energía (aunque no suficiente) para que prenda un poquito.

P*: ¿Por qué no es “suficiente” esa energía?

G.7*: porque solo dura unos segunditos y hay un titileo de la luz, cuando se equilibra la energía eléctrica del bombillo y del tubo de pvc no prende más el bombillo.

P*: ¿cómo es que se equilibra la energía del bombillo y del pvc?...

G.2*: no profe, lo que pasa es que al frotar el tubo de pvc lo estamos cargando con electricidad positiva o negativa y como se necesitan de las dos energías para que el bombillo prenda sin apagarse, entonces por eso es que hace como cuando uno juega con el swith de la casa para prender, apagar, prender, apagar... que uno puede fundir el bombillo, por eso no se le está dando la energía necesaria positiva y negativa para que prenda y se quede así.

P*: pero fíjense que el grupo de López dijo que las cargas del bombillo y del tubo se equilibraban, entonces, **¿qué tipo de electricidad tiene el tubo de pvc y el bombillo al acercarlos? ¿es la misma?** ...recuerdan en las primeras sesiones que ustedes me decían que al frotar el tubo y acercarlo a los papelitos se atraían porque tenían “cargas diferentes”

Ahora, recordemos que dijimos que el término de carga eléctrica se refiere a la cantidad de electrificación que adquiere un cuerpo ¿cuando qué?

/*...silencio*/

P*: **¿qué hacemos para que se electrifiquen (lo que ustedes llaman cargar) esos materiales, como la bomba, el pvc, el acetato o los demás que utilizaron?**

G.9*: los frotamos y por eso atraen los papelitos, el aluminio, el azúcar, la sal y casi todos los materiales que son buenos conductores de electricidad.

P*: **¿siempre vimos atracciones?**

/*...varías voces...nooooo*/

G.5*: no, no siempre, a veces se repelían.

P*: **¿cuándo?**

G.8*: cuando tenían de la misma electricidad.

P*: pero **¿cómo hacemos para saber que tienen de la misma “electricidad”?** cuál era la condición para que se repeliera la bomba y los aluminios por ejemplo, o los péndulos de aluminio con el tubo de pvc?

G.8*: pues por eso, porque tenían cargas iguales....

P*: uhm... **¿pero que veían antes de que se diera esa repulsión?**

G.3*: ay, ya.... Nosotros...

P*: haber...

G.3*: primero se atraían a la bomba cuando se acercaba después de frotarla, pero tan pronto la tocaban, los aluminios se caían y por eso parecía como si saltaran.

G.7*: si, como dijimos que con los péndulos se repelían, o sea se elevaban después de que tocaban el tubo de pvc pero que volvían a caer por el peso, por la gravedad, pero de nuevo otra vez se volvían a repeler por la energía que tenían porque estaban cargados, y pasaba así varias veces hasta que el medio les quitaba ese efecto. Es como si el aire cogiera esas cargas y por esos los péndulos vuelven a quedar como al comienzo antes de colocar el tubo en la mitad.

P*: **¿por qué se interrumpe el efecto?**

G.7*: por eso profe, porque los péndulos quedan cargados de la misma forma cuando los dos tocan el tubo y después de un rato (pequeñito) el aire coge parte de esa energía y los péndulos quedan equilibrados, entonces con la lámpara pasa lo mismo, unas cargas se van rápido para el bombillo y otras se las lleva el aire.

G.2*: no, creemos que el tubo no se descarga con el aire, sino que se descarga en la lámpara y por eso prende. Dura poquito porque es muy poquita energía eléctrica que se pasa al bombillo entonces el tubo no queda cargado y el bombillo prende pero se apaga instantáneamente.

G.5*: no, no son cargas, es corriente...o mejor dicho son las cargas que se mueven rápido del tubo al bombillo, o sea eso es corriente y por eso prende el bombillo. Lo que pasa es que necesitamos un motor o una pila para que esa corriente dure más tiempo.

P*: **¿qué hace la pila para que esa corriente “dure más”?**

G.5*: suministrarle energía de manera continua y por eso el bombillo no se apaga, a menos que se quemó o se fundó.

P*: me llama la atención esa palabra de “descarga” que menciona el grupo de Palacios, **¿qué quiere decir con cargar o descargar?**

G.2*: uhm... pues el tubo se carga cuando aumenta su grado de electrificación al frotarlo, o sea por frotarlo pierde cargas negativas y entonces ya no queda neutro sino con carga positiva (porque ahora tiene más positivas) y cuando lo acerco a la lámpara como ella también tiene cargas positivas y negativas, las negativas se tratan de ir para el tubo, o sea se atraen, pero sólo que aquí no vemos atracciones de papelitos sino de luz. Entonces podemos ver que cuando electrificamos un cuerpo al frotarlo esa energía se puede convertir en energía lumínica.

G.7*: la energía del tubo trata de equilibrarse para volver a estar como al comienzo, o sea neutro...eso pasa porque se coloca en contacto con el tubo, porque no es solo acercándolo, nosotros tocamos el extremo de la lámpara con el tubo que frotamos...además que toca frotarlo demasiado hasta que se caliente el tubo y como que nos quemó la mano, entonces por eso esa energía en forma de calor es la que se vuelve energía lumínica que hace prender un poquito la lámpara.

P*: haber, algunos han mencionado que hay una descarga y otros que pasa una corriente, y que por eso se prende el bombillo, entonces la pregunta es, ¿corriente y descarga es lo mismo?... ¿por qué? o si es distinto, ¿qué es lo que diferencia esos dos procesos?

G.4*: nosotros creemos que cargar significa ganar cargas o sea energía, entonces descarga significa perder las cargas, o sea perder energía, positiva o negativa, en cambio, corriente es el movimiento seguido de esas cargas negativas en los alambres para que llegue la energía al bombillo o lámpara. Pero como aquí no hay cables entonces no es corriente. En cambio la descarga no necesita cables, como cuando tocamos a alguien y le decimos que está eléctrico, es porque descarga su energía y vuelve al estado neutro. Claro que cuando se carga un cuerpo es necesario que otro se esté descargando, es decir, lo que pierde uno lo gana el otro y así las cargas tampoco se crean ni se destruyen sino cambian de posición por algunos momentos, por ejemplo cuando se frota algún material.

G.2*: profe es como cuando tenemos una pila o batería de celular descargada, entonces al colocarla en un enchufe se comienza a cargar y por eso dura prendido el celular arto tiempo. Como el tubo no puede guardar esa energía o carga, entonces la lámpara se apaga tan pronto prende.

P*: o sea que **¿cómo tendríamos que hacer para que el bombillo o lámpara prenda por un intervalo de tiempo mayor?**

G.4*: con una pila o una fuente que no sea inconstante, o sea que no se canse...y tenga la energía suficiente para hacer que la lámpara prenda por un muy largo tiempo....

P*: y ¿por qué la pila puede hacer que un bombillo prenda sin apagarse rápidamente como pasa con el tubo de pvc?

G.7*: porque la pila tienen por dentro litio y otra cosa que al tocarse producen energía para todo el circuito, además todas las pilas no tienen la misma capacidad de energía, por ejemplo, hay unas de 3 voltios, otras de 6 y otras de 9 voltios, no sé si haya más....

P*: es decir que **para prolongar ese efecto que ustedes perciben, el de ver luz, ¿se puede sólo con una pila?**

G.5*: o con un enchufe...

P*: y ¿qué tienen entonces en común el enchufe y la pila...mejor dicho que pasa con la pila para que encienda el bombillo?

G.6*: porque la pila tienen energía que al llegar al bombillo se convierte en energía de luz y de calor.

P*: ¿la energía llega?

G.8*: si, hay una energía que se llama cinética y es cuando un objeto se mueve, entonces entre más rápido se mueva, más grande es su cantidad de energía cinética o de movimiento. En este caso serían las cargas las que se mueven, de más a menos, y por eso se transforma en energía lumínica...

P*: **y con el tubo de pvc y la lámpara ¿qué pasa?**

G.8*: también hay energía cinética por la fricción y se convierte en energía térmica y en energía lumínica pero se acaba muy rápido. La energía cinética es porque el tubo se calienta al frotarlo entonces aumenta su energía térmica y por eso las cargas se agitan y comienzan a moverse rápido, pero como no hay un motor que haga esa fricción seguido, por eso se apaga la lámpara tan pronto prende.

P*: **hasta aquí ustedes me han mencionado distintos tipos de energía y de alguna manera de transformaciones entre ellas. ¿En qué se diferencian esos tipos de energía y cómo hacen para saber cuál energía es? Y ¿por qué o cómo, se transforma?**

G.5*: como se calienta el tubo al frotarlo fuerte fuertemente con la hoja de cuaderno, entonces es energía térmica, o también cuando los bombillos de la casa se calientan, parte de esa energía suministrada es para prender el bombillo y la otra para calentarse, pero nunca se pierde...por que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma.

*/*risas de fondo*/*

P*: o sea que están asociando la energía térmica con el hecho de que algunos cuerpos o materiales se calientan al frotarlos, o al conectarlos en alguna “fuente”.

G.5*: sí.

G.3*: si, además en la pila hay algún tipo de energía de tipo químico por los materiales que la conforman y como decían ellos, esa energía se convierte en energía cinética o de movimiento para que las cargas se puedan mover de un lugar a otro, en este caso hasta la lámpara.

G.2*: profe hay una energía mecánica que también es la suma de la cinética con la potencial cuando se suman tenemos toda la energía mecánica y con esa energía se puede hablar del estado de movimiento de los cuerpos (energía cinética) o de cuando están en reposo o quietos, o sea la energía potencial. Como lo que decía Guateros de los péndulos de aluminio que oscilaban porque estaban cargados de la misma forma y por eso se repelían, y por la gravedad volvían a caer y así varias veces...entonces la energía cinética era máxima cuando pasaba por el centro, o sea cuando caía y la energía potencial era máxima cuando llegaba a los extremos porque era la altura

mayor...o sea que en ese experimento hay cuatro tipos de energías en momentos diferentes, a veces energía eléctrica, a veces cinética o potencial o la térmica porque se calienta el tubo.

G.8*: profe, o sea que podemos pensar en el versorium y el tubo o la bomba que frotamos como la transformación de energía eléctrica en cinética porque hace mover y girar el papel aluminio.

P*: ¿Qué opinan ustedes?

G.2*: si, estamos de acuerdo porque hay movimiento y lo mismo paso con el electroscopio, pues la energía eléctrica del mismo signo hacia que las tiritas de aluminio se repelieran y se producía una energía de movimiento, o sea la cinética.

P*: **¿Existe alguna relación entre la forma de que un bombillo emita luz como en la sesión anterior y en esta sesión?**

G.8*: si, en las dos formas se produce energía eléctrica, sólo que con la pila o el enchufe dura más, el efecto no se acaba de inmediato.

G.1*: no creemos, porque la energía de la pila es diferente a la energía del tubo cuando se frota. La del tubo es energía electrostática y la de la lámpara es lumínica.

G.9*: si, pues en los dos casos se deben tocar algunas partes específicas del bombillo, no el vidrio, sino la parte metálica, es decir, los materiales del bombillo que conducen bien la electricidad.

P*: **¿en los dos casos se produce una descarga?**

G.6*: si, pero en una dura más y en la otra menos, por eso la lámpara se apaga más rápido.

G.8*: no, en los experimentos de la clase pasada /*sesión anterior*/ no se crean descargas, porque descargas es como cuando caminas en el tapete y te cargas y entonces cuando tocas a alguien, te descargas y por eso sientes un corrientazo rápido, pero eso es... es decir, al rozar el zapato con el tapete o descalzos se produce una energía electrostática y por eso se dan las descargas y sentimos ese corrientazo.

G.6*: por eso, ustedes están diciendo que sienten un corrientazo...

G.8*: bueno siente como algo, pero es que la corriente es cuando tocas los cables y están pegados y tú estás mojado, bueno o seco, y ahí si te coge la corriente. Lo que pasa es que la corriente si dura más, solo que usted quita la mano rápido y por eso la deja de sentir, pero si dejara las manos así pegadas al cable la sentiría y no se acabaría, bueno si no se muriera...jajajaj... Mire lo que pasa con la pantalla del televisor, si lo apaga y lo toca siente como esas cosquillitas, pero se acaba rápido, y si retira la mano y lo vuelve a tocar ya no siente

nada, porque ya no está cargado... en cambio si fuera la corriente de un cable, usted lo vuelve a tocar y siente de nuevo el corrientazo, no importa la cantidad de veces que lo toque y luego lo deje de tocar.

P*: Haber, “cuando hay corriente” ¿qué efectos se pueden percibir?

/*Cómo así.....*/

P*: si, si hay corriente ¿qué puedes observar? O más bien, ¿qué puede pasar?

G.10*: pues por ejemplo si tocamos los cables nos podemos electrocutar, nos lastimamos o nos morimos...

P*:... y ¿qué más? ¿Qué se puede hacer con ella?

G.3*: pues prender un bombillo

P*: si...

G.10*: también calentar cosas, como con las estufas eléctricas o los churruscos de calentar agua...

G.4*: se puede construir un electroimán...

P*: ¿cómo?... ¿cómo así?

G.4*: si, conectamos dos alambres a los polos de una pila y los enrollamos en una puntilla que sea buena conductora de electricidad y al acercarla a trocitos de esponjilla se atraen como si fuera un imán... también con boronas de hierro

P*: ¿limaduras de hierro?

G.4*: sí señora

Uhm... ¿o sea que para saber si está “circulando o viajando” una corriente en cualquier lugar, debemos tener bombillos prendidos sin que se apaguen... o efectos térmicos y también magnéticos?

P*: ¿qué opinan?

G.7*: si... Pero no por cualquier parte, sino en un circuito que se cierra. Por ejemplo el electroimán es un circuito cerrado, la energía da la vuelta por todo el circuito. En el caso del bombillo, el circuito se cierra con el mismo bombillo y también la energía hace todo el recorrido circular por un cable, luego el bombillo y regresa por el otro cable hasta la pila.

P*: y en ese recorrido, cuando tú dices que la energía regresa a la pila, ¿vuelve toda o un poquito no más?

G.5*: vuelve toda

G.9*: pues en la lámpara la energía se queda ahí y el tubo de pvc queda sin energía, en cambio en el circuito la energía va de la pila a los dos cables hasta llegar al bombillo, sólo cuando se apaga entonces la energía vuelve otra vez a la pila. Bueno de pronto queda un poquito en el bombillo o en los cables.

G.10*: pues nosotros creemos que la energía es la misma en todo el circuito, del bombillo con los cables y la pila, porque la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma, entonces la energía de la pila se convierte energía lumínica y luego otra vez en energía química y así sucesivamente hasta que se desgasta la pila.

P*: ustedes dicen que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma. Entonces si la energía no se destruye, ¿qué es lo que se “desgasta” en la pila?

/ ...silencio prolongado*/*

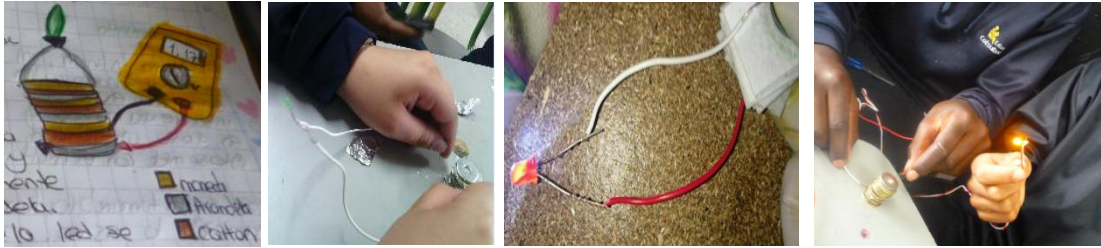
G.5*: nosotros creemos que la corriente hace mover los carritos de juguete cuando se colocan las pilas porque le dan la energía necesaria para que se pueda mover, o sea tener energía cinética de movimiento. Cuando la energía de las pilas se acaba ya no se puede mover más, o sea que ahora tendría solo energía potencial, porque la cinética y la química se convirtieron en potencial. Bueno, la química de pronto no se acaba porque siguen siendo los mismos materiales dentro de la pila entonces las reacciones deben ser la mismas.

P*: bueno. Vamos a dejar por ahora la discusión hasta aquí. En la siguiente sesión traemos los materiales que les publiqué en el grupo y seguimos trabajando así, ¿les parece?

/ Si pro....el curso*/*

Sesión 3C

1. Realiza una torre en la que intercales monedas de \$100, papel humedecido con vinagre y arandelas. Coloca dos cables de timbre como se indica en la figura y conecta a ellos un led. ¿Qué sucede? ¿Cómo explicas este hecho?



G.1. después de ver la torre de todos nosotros, se deduce que el conjunto del vinagre, las monedas y las arandelas, hacen un mecanismo para poder producir una corriente la cual va directamente al bombillo led por los cables. Es como el voltaje que suministra la torre, igual que una pila normal.

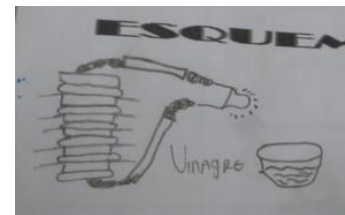
G.2. cuando se hace la torre podemos ver que el papel humedecido con vinagre es un conductor de energía lo cual hace que la moneda y la arandela se conecten ya que por ese medio está pasando una pequeña cantidad de corriente lo cual hace que encienda el led.

G.3. no pudimos realizar el circuito para que este prendiera, se realizó el proceso pero nunca prendió a pesar de que el multímetro indicaba que las cargas o energía si estaba aumentando.

G.4. Lo que sucede es que prende el bombillo, pero esto sucede a partir de que las monedas, están humedecidas con vinagre haciendo o generando energía, luego, al conectar los cables con el bombillo estos encienden porque comienza a pasar la corriente de electrones.

G.5. pasaron diferentes cosas, nos dimos cuenta que con el vinagre balsámico las cargas eran más rápidas subiendo el voltaje y así prendiendo más rápido el bombillo.

G.6. había una negativa y una positiva para que hubiera atracción generando la energía la cual recurriría al bombillo siendo éste un cierre del circuito. También cuando **en lugar del bombillo poníamos nuestra lengua** (cada uno tenía sus cables) **también cerrábamos el circuito por eso sentíamos la corriente que siente el led.**



G.7. cuando se pone la torre de monedas, arandelas y el papel humedecido con vinagre alternamente es como si fuera una batería la cual tiene un polo positivo y uno negativo y al poner los cables y conectarlos al bombillo este se enciende ya que este sistema es como si fuera el circuito explicado en la clase antepasada (sesión 3A).

G.8. se enciende ya que el vinagre tiene propiedades que ayudan con la “luz” y las monedas y arandelas se usan como un receptor y amplificador.

G.9. al colocar de esta forma estos materiales se forma un circuito donde el principal productor de carga eléctrica es el papel humedecido con vinagre que transmite la energía a las monedas y arandelas, logrando funcionar el circuito.

G.10. la tarea de las monedas podría expresarse como una pila, ya que tiene cargas positivas y negativas que permiten que funcione como una pila.

2. Coloca tu lengua o tus dedos en lugar de la led. ¿Qué sientes a medida que colocas más monedas, papel y arandelas?

G.1. se siente como unas cosquillitas y un sabor como a metal oxidado.

G.2. podemos sentir una corriente muy suave cuando cerramos el circuito con los cables y en lugar del led con nuestra lengua.

G.3. entre más grande sea la torre, más se siente el efecto y el multímetro va aumentando también sus voltios.

G.4. la energía aumenta porque las cargas positivas de la moneda de \$100 atraen a las cargas negativas de las arandelas a través de los cables.

G.5. las monedas y las arandelas junto con el vinagre son muy buenos conductores, pero para que el led encienda o sienta algo con mis dedos o lengua, se deben colocar varias monedas y arandelas. Con las monedas de \$50 no es muy bueno, porque casi no son buenas conductoras de electricidad.

G.6. se siente una corriente muy suavcita pero sin embargo tiene la potencia de prender el led.

G.7. se siente unas cosquillitas más fuertes entre más monedas y arandelas se tenga.

G.8. no sentimos nada, solo Clavijo y Vargas dicen que si se siente algo raro. Como la sensación de cuando se le duerme a uno la lengua o una pierna, como un cosquilleo. Este cosquilleo aumenta si se agranda más la torre, es decir como su voltaje... o también hicimos varas torrecitas no tan grandes (para que no se cayeran) y las conectamos con cables, y luego al led o nuestra lengua.

G.9. no sentimos nada.

G.10. se siente algo en la lengua, pero cuando nos aplicamos vinagre, se siente más fuerte esa corriente suavcita.

/*Con el multímetro en las condiciones en que te lo entregó tu profesora, observa el registro a medida que colocas más monedas, papel, y arandelas. Explica con tus palabras lo que consideras que indica cada registro numérico. (Ver actividad paralela a las sesiones 3C y 3D)*/

3. ¿Si realizas una torre sustituyendo las arandelas, el papel o las monedas que sucederá?

G.1. no habrá energía la cual no encenderá el bombillo

G.2. si sustituimos los materiales no es posible que encienda el led ya que no hay conductores de energía.

G.3. depende del material que se utilice, si cambiamos las arandelas por monedas de \$50 el efecto es más pequeño y si colocamos aluminio en lugar de las arandelas al parecer no pasa nada.

G.4. si se sustituye el papel esto no funcionará, ya que este es el que se encargará de que pase la energía por cada moneda y arandela, entonces obviamente no encenderá el bombillo.

G.5. creemos que prendera pero con muchas monedas o con muchas arandelas, es decir que se reemplacen, si usamos 10 monedas y 10 arandelas, entonces usar 20 monedas o 20 arandelas, el papel con vinagre si no lo quitaríamos.

G.6. no tendrá energía, ya que se necesita de las monedas arandelas y papel para que haya conducción de energía.

G.7. se pierden algunas propiedades que posee el circuito por lo cual no es seguro que sustituyendo algún material el bombillo encienda.

G.8. no actuaría igual porque no tendrían las mismas características.

G.9. no habrá la misma carga ya que las monedas y las arandelas son los conductores de la carga.

G.10. la energía producida será de menor conductividad, no tendrá fuerza necesaria para tener una presión.

4. ¿Realiza el montaje y describe lo que sucede?

G.2. no sucede nada porque como habíamos dicho, si no están todos los materiales es imposible que encienda el led.

G.3. tiene mucha carga pero no prende, se puede decir que el aluminio no es conductor de energía aunque en la sesión 1 el aluminio si se atraía fácilmente pero era porque es buen conductor de cargas no de energía. Claro que cuando hay cargas pues hay energía.

G.4. si, como habíamos dicho no pasó nada, incluso cuando colocamos una moneda y una arandela que se toquen sin el papel humedecido con vinagre, el multímetro no marca nada, y al agregarle vinagre comienza a aumentar el número, bueno y colocando más monedas, arandelas y papel. El papel debe estar en la mitad de las dos pero debe ser más pequeño que la moneda y la arandela o si no, no aumenta la potencia, o sea, deben tocarse la moneda y la arandela pero en la mitad debe haber un papel húmedo con vinagre.

G.5. depende del material utilizado, por lo menos a nosotros con aluminio no nos prendió. Tiene mucho voltaje pero no prende, pero si sentimos el “cosquilleo” en la lengua. Se puede decir que el aluminio no es conductor. Deben estar los dos materiales, monedas y arandelas, o no funciona el circuito.

G.6. al conectar los dos cables a dos monedas no se produjo energía ya que no hay un conductor fijo. Para que haya una diferencia de potencial debe tenerse una moneda y una arandela, o si no no, pues estarían en estado neutro, en cambio la moneda y la arandela al mojarlas con el vinagre y dejarlas juntas, una se carga positiva y otra con electricidad negativa. Por eso, si no se hace así no se va aprender el bombillo ni a marcar nada en el multímetro, o sea la corriente es cero.

G.7. al realizar el montaje con el papel, las monedas y las arandelas y el vinagre, se está creando un circuito y este hizo que el bombillo prendiera. Cuando quitamos las monedas y dejamos solo arandelas no pasó nada.

G.8. había corto en los conductores por lo cual no encendió.

G.9. al realizar el montaje anterior se observa que al sustituir arandelas, monedas o papel, no funciona el circuito, por falta de conductividad eléctrica.

G.10. no tiene corriente, entonces en lugar de aumentar la intensidad ella disminuirá.

5. ¿Cuál es la función de cada uno de los elementos que conforman el sistema (arandelas, monedas, papel, cables, led)

G.1. las monedas y las arandelas son buenos conductores de electricidad y el vinagre le da potencia a la pila para que suba su voltaje y pueda prender el bombillito. .

G.2. la torre de monedas con arandelas y papel mojado con vinagre tienen una reacción que hace que su energía aumente y se transmite al led por medio de los cables, allá la energía química se convierte en lumínica.

G.3. el vinagre oxida las monedas y las arandelas (por eso se electrifican o cargan de energía) y por eso se produce una corriente que enciende el led por la energía que circula por los cables.

G.4. se siente que los cables conducen la electricidad hasta el led, la torre de monedas y arandelas es como una pila que le da la energía necesaria al circuito para que prenda el bombillo-led.

G.5. las arandelas y monedas al estar en contacto se cargan porque el vinagre hace algo para que las cargas positivas queden en las monedas y las cargas negativas en las arandelas de zinc y a sí se pueden conectar los cables para que la corriente pase por un cable hasta el bombillo y se devuelva por el otro hasta la torre de monedas otra vez.

G.6. la torre suministra la energía necesaria para que el led prenda. Los cables la conducen hasta el bombillo para que prenda.

G.7. la energía de la pila va por todo el circuito hasta prender el led y vuelve otra vez a la torre que es la pila.

G.8. las monedas con las arandelas y el papel húmedo con vinagre dan la energía que necesita el bombillo para que prenda, si no alcanza entonces toca colocar más monedas y más arandelas, así aumenta el voltaje de la pila.

G.9. como las cargas se separan, unas en la moneda de \$100 y otras en las arandelas entonces la diferencia de potencial hace que la corriente aumente para que prenda el bombillo led.

G.10. el led consume la corriente que le da la pila que hicimos con las arandelas, las monedas el papel con vinagre y los cables.

6. ¿Puedes hablar de electrificación de alguno de los materiales que conforman el sistema?

P*: recuerden que en las sesiones anteriores mencionamos a qué hacíamos referencia con la palabra electrificar.

G.9*: es como cagar los cuerpos cuando los frotamos, los tocamos o los acercamos como paso con el tubo de pvc, el electroscopio y el versorium y cuando los aluminios tocaban las bombas o los tubos de pvc. O sea es que ganen o pierdan electricidad negativa o positiva par que ya no queden neutros porque ya no estarían en equilibrio electrostático.

P*: ¿cómo así?

G.9*: si, al frotarlos pierden carga entonces quedan cargados positiva o negativamente, según el tipo de carga que pierdan y quedan en desequilibrio eléctrico, se desbalancea la energía positiva o negativa cuando se ponen en contacto. Entonces aquí no se frotran pero al colocar el vinagre con las monedas y arandelas algo pasa que hace que se carguen de manera diferente y esa energía es la que hace prender el led, no puede ser mucha porque puede llegar a estallarse.

P*: Ok. Continúen con el desarrollo de la guía.

G.1: sí, de las monedas y arandelas uno se debe cargar positivamente y otro negativamente.

G.2: creemos que pasa como dijo el grupo de Daniela García porque las cargas no se crean, ya están en los distintos materiales solo que en estado neutro, es decir la misma cantidad de negativas que de positivas, cuando se frotran o cuando se colocan las monedas con las arandelas y se les coloca el papel con vinagre se produce una energía eléctrica que hace que también se separen las cargas como cuando uno frota cualquier material, entonces la cantidad de electricidad que gana una moneda es porque la perdió una arandela, o al contrario. Por eso aumentan los voltios y ahí es cuando prende el bombillo.

G.3: si, se deben cargar cuando se tocan porque si medíamos con el multímetro la sola moneda marcaba 0.0 y lo mismo pasaba con las arandelas, cuando las colocábamos juntas marcaba un poquitico más, pero el vinagre le daba la potencia para que se generará más energía y pudiera prender el led, por eso marcaba más el multímetro, a nosotros nos prendió como con unos 3,71 voltios aproximadamente.

G.4: la corriente aumenta cuando se coloca la moneda, papel y arandela y entre más artos montoncitos, más marca la corriente en el multímetro.

G.5: la energía aparece cuando se coloca la moneda encima del papel y luego la arandela, pero se deben tocar los dos metales y como están cargados de manera distinta (positivo y negativo) entonces se genera la corriente que hace que el bombillo led prenda.

G.7: nosotros notamos que entre más se tocan la moneda y la arandela mayor era el voltaje entonces colocábamos el papel mojado con vinagre pero un poco pequeño para que se pudieran

tocar las monedas y las arandelas. Si la torre tenía el voltaje suficiente, entre más grande mejor, podíamos sentir cosquillas en la lengua y prender el bombillo con la corriente que podía pasar.

G.9: nosotros creemos que las monedas siguen en estado neutro, las mismas negativas que positivas y que es el vinagre el que se carga, por eso adquiere un nivel de electrificación más o menos grandecito, como para que el led prenda.

G.10: las monedas como son más grandes que las arandelas entonces se cargan con más energía, por eso su carga es +, en cambio las arandelas como son más pequeñas entonces reciben más poquita energía, por eso su carga es – y por eso al colocar el led se prende. Si no hay vinagre entonces no pasa nada. El vinagre es el que da la energía a todo el circuito y cuando se pone el led, entonces el led usa la que necesita para prender.

7. ¿Qué consideras que sucede cuando colocas en contacto las monedas, las arandelas y el papel humedecido con vinagre bajo una disposición privilegiada?

G.1: si se tocan bien los dos materiales, la moneda y la arandela sin vinagre, no se produce casi energía.

G.3: cuando colocamos un orden distinto al de moneda, papel, arandela, vimos que los voltios o la corriente disminuían y si colocábamos el led para cerrar el circuito, disminuían más los voltios...o la corriente.

G.4: si se hace solo una torre de monedas y luego una torre de arandelas, y ponemos una encima de la otra, por más que las mojemos en vinagre no aumenta casi la energía en cambio cuando las intercalamos si marca mucho más.

G.5: cuando medimos sin el bombillo led marca mayor corriente o voltios, en cambio cuando medimos solo la energía de la torre, marca más.

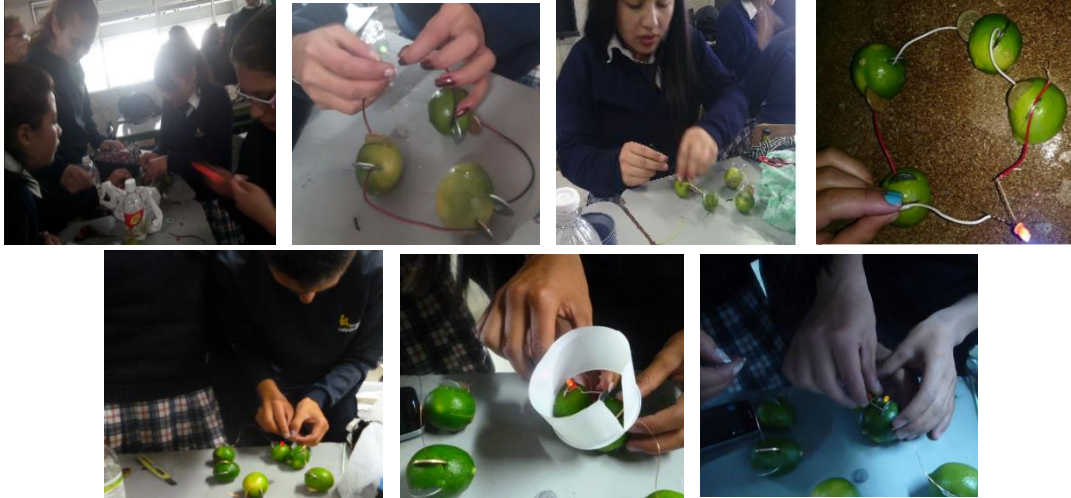
G.6: si los colocamos como dijo la profe nos marca mayor voltaje, pero cuando colocamos los alambres de cobre con el led el valor disminuye, debe ser porque la energía de la torre disminuye porque se está convirtiendo en energía lumínica.

G.7: si cambiamos el orden no se afecta mucho, el problema es cuando quitamos uno de esos materiales, las monedas, las arandelas o el papel mojado entre el vinagre.

G.9: colocando solo monedas no hay energía por eso el multímetro marca 0.

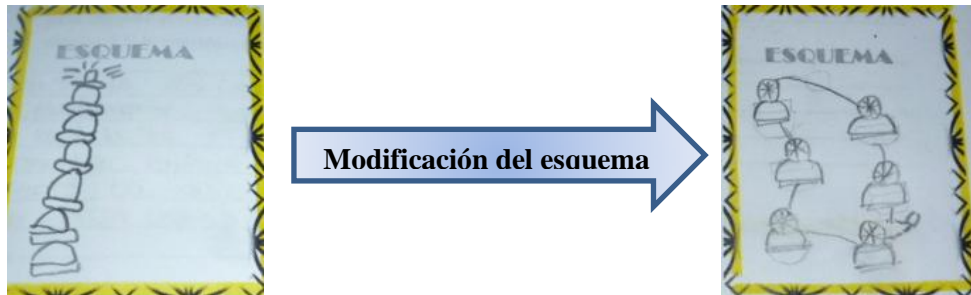
G.10: entre más grande se haga la pila de monedas y arandelas, mayor va a ser la energía. El vinagre como es una solución química es el que aporta la energía para que el led encienda.

8. ¿Podrías organizar las monedas, arandelas y unos limones para obtener el mismo efecto que obtuviste en el montaje anterior? Si lo consideras posible ¿Cómo los organizarías?



G.1. para este necesitamos como 15 limones, 1 led, cable de teléfono, seguido abrimos los limones le pusimos un cable y las arandelas que son todo incluido lo que logra encender el circuito.

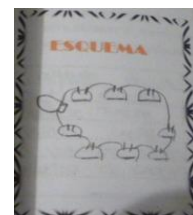
P*: aunque no es clara esta afirmación, si ha llamado la atención el diagrama que la acompaña.



P: El mismo grupo al modificar el montaje inicial afirma:

Al realizar el montaje se iba uniendo la moneda, las arandelas y los limones generando energía a medida que se aumentaba su cantidad de limones y arandelas, va a encender el circuito. Si se puede prender el bombillo igual que el experimento anterior en los circuitos se genera energía, a medida que el limón o el vinagre transmitía energía al montaje, el efecto iba, aumentando a medida que se iba uniendo cada uno de ellos.

G.2. para este necesitamos varios limones, 1 led, cable de teléfono, a los limones se les hace una pequeña abertura en la parte superior, se coloca una moneda y una arandela y se hace un circuito en serie lo cual el limón es un



conductor de corriente y logra encender el led.

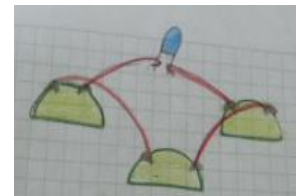
G.3. se observa que por medio de 3 limones, 3 cables y 3 monedas y 3 arandelas el bombillo encendió, que la moneda es + y la arandela es negativa remplazando como una pila, todos esos materiales, obteniendo un voltaje.



P: sin embargo en el diagrama no se aclara la forma de realizar dicha conexión, para atender el por qué las estudiantes afirman que usaron tres cables.

Efectivamente el led encendió y causó gran curiosidad por la poca cantidad de limones comparado con otros grupos. Por lo que los estudiantes comienzan a comparar los limones, “unos son más jugosos que otros y por eso tienen más energía para transferirla al circuito” afirmaban ellos.

G.4. podemos colocar en un limón dos monedas y en el otro limón dos arandelas y con los cables unimos las monedas o las arandelas. O también podemos colocar una moneda y una arandela en un limón para que queden seguidas como en el ejercicio (experimento) anterior. El limón sería como el vinagre.

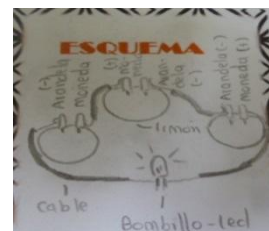


G.5. primero le abrimos dos agujeros a todos los limones. Después pusimos la secuencia de arandela y moneda y cable hasta armar el circuito. A nosotras nos prendió el bombillo con 9 limones.



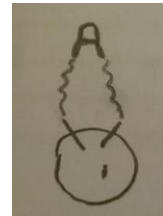
G.6. abrimos dos aberturas a los limones y colocamos una moneda y una arandela, amarradas a un cable conductor y que queden conectadas al otro limón pero al contrario, o sea se conectan los limones quedando unidos moneda y arandela, si se conecta moneda con moneda no funciona. Si los colocamos bien y agregamos cada vez más limones entonces el multímetro marca cada vez más energía.

G.7. se le hacen dos cortes al limón, y se coge un cable y se le quita el plástico que recubre los extremos y se amarran a una moneda y a una arandela y se meten en los cortes, ahí se va haciendo un circuito y dejan



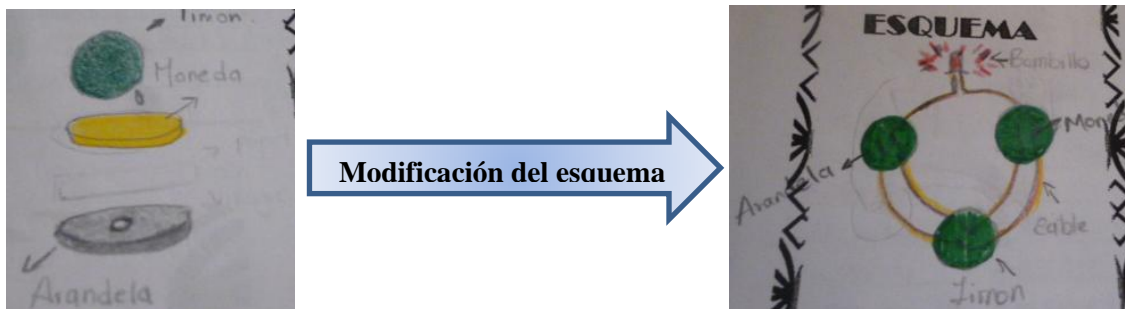
dos pedazos de cable en cada extremo del circuito para conectar el bombillo – led para ver si enciende y si no se consigue que encienda, hay que seguir conectando más limones, las arandelas, las monedas y el cable. El limón reemplaza una batería, la moneda como el polo positivo y la arandela como el polo negativo y los cables para pasar la energía eléctrica y hacer encender el bombillo por eso se considera como un circuito.

G.8. primero pensamos que podíamos prender el led con un solo bombillo, pues una vez Oscar vio en un video que prendieron el bombillo con un solo limón. Pero no, tocó organizar 6 limones con una arandela y una moneda introducidas y conectadas con alambre de timbre, generando luz.

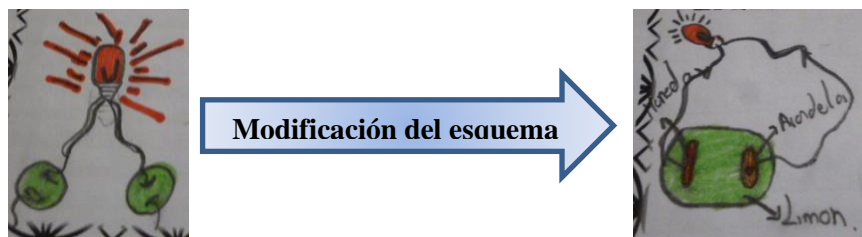


G.9. el limón es el principal productor de carga eléctrica, que es conducida por medio de los cables con arandela y monedas (conductores) haciendo funcionar el circuito. Para que funcione el circuito se debe colocar una carga positiva con una carga negativa (arandelas y monedas) en el centro del limón.

Al cambiar el vinagre por el limón, el papel sigue produciendo carga eléctrica que logra conducir energía a través de las monedas y arandelas, logrando obtener el mismo efecto que en el montaje anterior.



G.10. el limón reemplaza la batería, la moneda como el polo positivo y la arandela como el polo negativo, o sea tiene un voltaje que depende de la cantidad de limones que se usen, y al pasar la corriente para así poder encender el bombillo. Aquí hay materiales que son compatibles con la electricidad como el cobre, las arandelas, las monedas, las cuales permiten el paso de energía generando que el bombillo o led encienda. Habíamos conectado los materiales que debíamos usar pero no los habíamos puesto bien, pues habíamos puesto las monedas en un limón y las arandela en otro y casi los conectamos en la multitoma.



G.4. La función del limón es que sirve como batería, el cable como conector y las arandelas y monedas como extractor de energía.

9. ¿Cuál o cuáles condiciones se deben tener en cuenta para poder encender el led o para poder percibir conmociones a través de tus sentidos con la pila de volta o la pila de limones?

G.1: entre más grande la torre mayor es la energía y entonces prende el led, para sentir más fuerte la corriente con nuestra lengua o con las manos nos aplicamos vinagre balsámico y así aumentaba el efecto.

G.2: las monedas se deben colocar intercaladas con las arandelas y el vinagre o el limón, y así será mayor la energía que se produce. El vinagre da más energía que los limones.

G.3: el limón es un ácido y el vinagre, o sea son como electrolitos que aumentan la energía en la torre de monedas y arandelas.

G.4: los limones dan más energía a las monedas y a las arandelas para que encienda el led.

G.5: depende también del tipo de limón, si es más o menos jugoso, o de pronto el tamaño, porque cuando mediamos, a medida que aumentaba el número de limones, aumentaba el voltaje, pero a veces con el siguiente limón en lugar de aumentar la energía disminuía, entonces creemos que ese limón en lugar de dar energía como que la cogía para él y por eso bajaba la energía y marcaba menos el multímetro.

G.6: el vinagre y las arandelas son los que producen la energía y las arandelas, monedas y cables son los conductores de esa energía hasta el bombillo.

G.7: debe ser muy grande la torre.

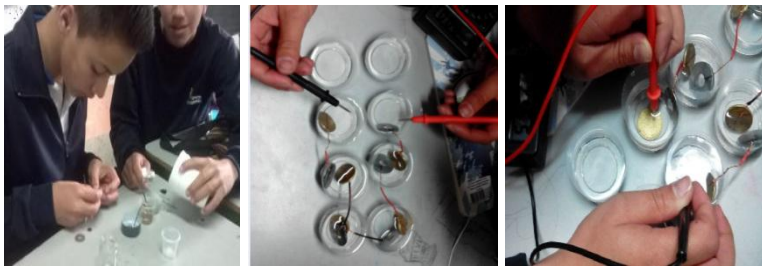
G.8: si nos untamos con vinagre la lengua, sentimos más fuerte y feo el corrientazo, porque la energía se incrementa.

G.9: como se nos desarmaba la torre, entonces hicimos varias torres pequeñas y las uníamos con cables, pero debía unirse moneda con arandela, como con los limones,...no sirve conectar moneda con moneda, deben ser polos opuestos, o sea moneda y arandela.

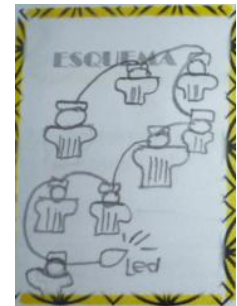
G.10: la torre debe tener muchas monedas y arandelas y mojar bien el papel o la cartulina y no cortarlos tan grandes, era necesario que las cartulinas fueran más pequeñas que las arandelas.

Sesión 3D

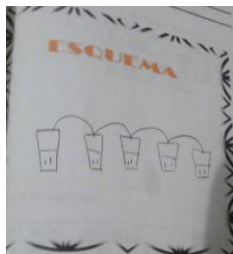
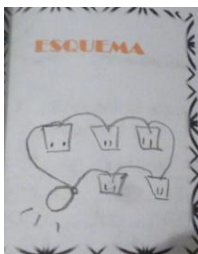
¿Podrías organizar las monedas, arandelas y recipientes llenos con vinagre para obtener el mismo efecto que obtuviste en los montajes anteriores? Si lo consideras posible ¿Cómo los organizarías?



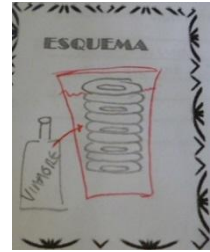
G.1. creemos que colocando una cantidad determinada de vinagre si se puede encender el led. En la pila de volta usamos poquito vinagre para apenas humedecer el papel. Entonces no creemos que se necesite mucho. O si usamos más, entonces la corriente que sentimos en la lengua en ese experimento, de pronto así sea más fuerte.



G.2. si, en lugar de los limones colocamos ahora vasos con vinagre. El vinagre igual que el limón da la energía al circuito para que prenda el bombillo.



G.3. da más carga porque el multímetro va marcando cada vez un número más grande, siguiendo la misma secuencia de la moneda con el papel mojado y colocando encima una arandela y así sucesivamente, solo que aquí ponemos esos materiales dentro del vaso con vinagre.



G.4. debe ser igual que con los limones, para que funcionará y prendiera el led debía haber una moneda y una arandela en cada limón, entonces consideramos que se puede realizar igualmente con vasos de vinagre ya que la formula propulsora de energía es el ácido.



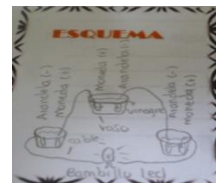
Así que puede ser reemplazado por vinagre.



G.5. si, pues es similar solo que se cambian los limones por vasos llenos de vinagre y la secuencia es igual, moneda arandela, cada una en un vaso.

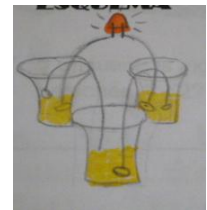
G.6. las copas llenas con vinagre deben cumplir la misma función de los limones, entonces debe haber una moneda y una arandela en cada vaso y conectarse una moneda con una arandela.

G.7. este sistema actúa como un circuito, el vinagre junto con las monedas y arandelas actúan como una batería con polo + y - y los cables como conexión al led para pasar la corriente eléctrica para que el bombillo encienda.



G.8. se intercalarían los elementos entre monedas y arandelas pero el resultado no será igual ya que haría falta un elemento para la oxidación y transporte de electrones.

G.9. nosotros habíamos colocado primero monedas en un vaso y en el otro arandelas, incluso en un vaso pusimos solo una arandela y no nos prendió el bombillo por más vasos que agregáramos así.



G.10. cogemos los vasos y se introduce vinagre, pelamos los cables en las puntas y amarramos en cada extremo una moneda y una arandela, como cuando los limones, y las introducimos en los vasos. Este sistema actúa como un circuito conductor para que un bombillo alumbre.

Elabora el siguiente montaje. Vierte en los vasos vinagre de manera que las monedas y arandelas queden sumergidas en él.

- Monedas de \$100
- Arandelas de Zinc



2. Con cuántos vasos lograr percibir algo con:

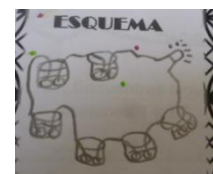
- e. Con el led _____
- f. Con tus dedos _____
- g. Con tu lengua _____
- h. Con el multímetro _____

G.1. cuando realizamos este experimento colocamos en los vasos las arandelas y las monedas sin que se tocan entre ellas y agregamos una cantidad de vinagre determinada. Vimos que cuando se tocan las monedas con las arandelas entonces el multímetro marca un número mayor, o sea el voltaje o la potencia de ese montaje van aumentando. Cuando poníamos la lengua en los cables de los extremos sentíamos un poquito la corriente. La sentimos más fuerte si en lugar de los vasos poníamos la pila del celular con los cables en los polos positivo y negativo y los colocábamos en nuestra lengua también. Con los dedos se sentía solo si estaban mojados con vinagre. Para prender el led, nosotros solo usamos seis vasitos, otros grupos usaron más y a pesar de eso no les prendió, aunque marcarán más en el multímetro y usaran el led de nosotros. En los tres experimentos todos actúan como circuitos siendo conductores el vinagre y los limones, en los cuales actúan la moneda y la arandela generando una energía la cual hace que el bombillo prenda.

G.5. pues dan más cargas según lo que marca el multímetro pero no pasa nada, o sea no prende el bombillo. Y sentimos muy poquito con la lengua, en los dedos nada. Si nos mojábamos la lengua con vinagre sentíamos más.



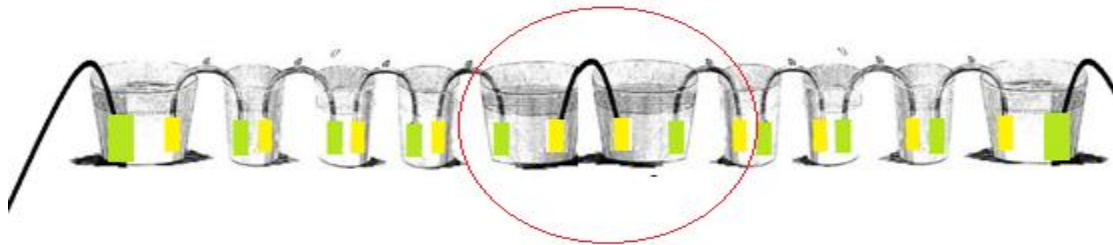
G.6. inicialmente agregamos vinagre en 6 copas, con un cable amarramos una moneda y una arandela, esto lo hicimos cuatro veces y una moneda suelta, una arandela suelta y con las dos sueltas colocamos el led y nos prendió.





G.9. al colocar en los vasos una moneda y una arandela en cada uno, no logró funcionar todo el circuito por medio del vinagre que es el principal productor de carga eléctrica.

Continúa la secuencia de tazas, pero ahora invierte el orden de las monedas y las arandelas en las nuevas tazas. Explora con tus sentidos y con el multímetro lo que sucede a medida que agregas más tazas. A qué se debe este hecho.



3. ¿Qué efectos te permiten identificar la presencia de una corriente eléctrica?

G.1: toca colocar los cables y unir a ellos el led, si prende es porque está pasando la corriente en el circuito. Claro que el multímetro también nos ayuda mucho porque a veces puede pasar corriente pero no lo suficiente para que prenda el led, entonces con él, uno puede mirar si está aumentando o no la energía para que al colocar los cables se encienda por fin el led.

G.2: que el bombillo encienda, o lo que sentimos con la lengua al cerrar el circuito nosotros, en lugar del bombillito.

G.3: el número que marca el multímetro, las cosquillas en nuestra lengua o que prenda el led.

G.4: si enciende el bombillo led es porque está pasando corriente, de - a +, o sea de la moneda a la arandela por medio de los cables.

G.5: si prende el led es porque está pasando la energía química de la pila a la energía cinética o de movimiento de los electrones por los cables del circuito del experimento.

G.6: cuando prende el led o aumenta el número en el voltímetro que indica el amperaje del circuito.

G.7: si colocamos bien la torre o los limones o el vinagre el voltaje aumenta. Sabemos que es el voltaje lo que estamos midiendo porque colocamos el multímetro en paralelo en el circuito sin romperlo.

G.8: las cosquillas o el hormigueo en la lengua, o si el led enciende.

G.9: el número del voltímetro, la corriente en la lengua o si el led enciende.

G.10: el número del multímetro. Si aumentan los voltios de la pila, entonces aumenta la corriente y por eso prende el led. Bueno si se le da la energía que necesita.

4. ¿Cuál o cuáles condición permiten la “producción” de una corriente eléctrica?

G.1: la corriente pasa cuando se cierre el circuito con los cables y el led o con nuestro cuerpo, los dedos o la lengua.

G.2: debe suministrarse la energía necesaria que pide el led para prender, es decir la corriente y para eso, la torre de monedas, o sea la pila casera que hicimos debe ser muy potente.

G.3: la pila, en este caso de limones o con vinagre, con sus polos correspondientes (arandelas y monedas) debe suministrar la energía necesaria para que los electrones se muevan por los cables hasta llegar al led.

G.4: el multímetro nos decía para donde iba la corriente, cuando salía un menos es porque estábamos midiendo la corriente para el lado que no iba, entonces cuando prende el led es porque la corriente sale de un polo y va por el cables hasta el led, se gasta lo que necesite y se devuelve por el otro cable y así sucesivamente hasta que se acabe el efecto de la pila. No, mide la energía porque esa no se acaba sino se transforma.

G.5: como se produce una oxido reducción en las monedas y las arandelas al colocarlas en vinagre o con los limones entonces las arandelas se oxidan más que las monedas por eso queda con exceso de carga positiva y las monedas con exceso de carga negativa, al conectar los cables con el led para cerrar el circuito entonces pasa una corriente y por eso prende el led, o sentimos esa cosa en la lengua.

G.6: al colocar más monedas y arandelas es como si uniéramos varias pilas, por ejemplo un control o sirve solo con una pila, necesita al menos dos, por eso la pila de monedas y arandelas entre más alta la energía que le da al circuito para que el led encienda.

G.7: si la pila tiene buena potencia entonces puede pasar una corriente por los cables que se puede sentir o que puede hacer prender el bombillo led.

G.8: el voltaje de las pilas está en las monedas y las arandelas cuando se colocan con vinagre, limón o cualquier electrolito y al colocar los cables circula una corriente de menos a más y por eso prende el bombillo.

G.9: se debe hacer la torre de manera que se toque la moneda con la arandela y en medio el vinagre o limón y ahí se obtiene la energía que sea necesaria para prender el led.

G.10: si no se cargan las monedas o las arandelas no hay ni amperaje ni voltaje.

5. ¿Qué sucede cuando cambias las monedas de \$100 por láminas de cobre?

G.1: el efecto es mayor porque las monedas están hechas de cobre y otros materiales que no son muy buenos conductores de electricidad, en cambio la lámina de cobre es pura y por eso conduce mejor.

G.2: aumenta la potencia de la pila.

G.3: aumenta la energía de la pila y por eso marca más en el voltímetro.

G.4: sube la cantidad de electrificación de los tres materiales, arandelas, láminas de cobre y la solución ácida, o sea el limón o el vinagre.

G.5: la pila queda con más voltaje y el led enciende más fácil y con más intensidad de luz.

G.6: sube la cantidad de energía de la pila y entonces se necesitan menos monedas, mejor dicho, la torre se puede hacer más pequeña para que encienda el bombillo.

G.7: aumenta la energía que da la pila al circuito para que prenda más fácil el bombillo led.

G.8: se hace una oxidación mayor y por eso aumenta la energía en la pila y en el bombillo.

G.9: la corriente aumenta un poquito más, entonces se puede hacer una torre más pequeña.

G.10: el cobre como es mejor conductor de electricidad entonces **aumenta la energía que tiene la pila** y se siente una corriente más fuerte en la lengua. Claro que todos los del grupo no la sentimos igual de fuerte porque unos gritaron que disque porque les dolió pero otros sentimos un poquito no más.

6. ¿Cuál es la función de cada uno de los elementos que conforman el sistema?

G.1: las monedas y las arandelas almacenan la energía que les da el limón o el vinagre. Los cables son conductores de la electricidad y el led recibe la energía necesaria para que prenda el bombillo.

G.2: todo el conjunto de monedas, arandelas y electrolito (limón o vinagre) generan la energía necesaria para que el bombillo encienda, los cables llevan esa energía por un lado hasta el bombillo y vuelve otra vez a la pila. Cuando llega al bombillo la energía se convierte en energía lumínica.

G.3: las monedas y arandelas con los cables conducen esa energía y el bombillo la recibe para encender.

G.4: los cables transportan energía positiva y negativa desde los limones o vinagre hasta las monedas y arandelas y después al bombillo.

G.5: la pila de monedas o de limones da la energía necesaria para que el led alumbre, entre más grande sea la torre o más limones se usen, mas corriente va a pasar por el circuito.

G.6: los cables conducen la perturbación que va desde la pila hasta el bombillo. La pila son los limones con arandelas y monedas o la torre o los vasos llenos de vinagre con las monedas y arandelas por dentro.

G.7: los cables conducen la energía necesaria de la pila casera que hicimos hasta el bombillo y cuando se acaba entonces deja de prender el led. Claro que vimos en algún momento que la pila seguía teniendo energía con ayuda del multímetro pero el bombillo no encendió, por eso pensamos que se había fundido pero lo ensayamos con una pila normal y si prendía, entonces no sabemos que pasó, porque seguía el mismo voltaje en la pila que hicimos y si agregábamos más monedas y arandelas o limones o vasos de vinagre, seguía aumentando pero aun así no prendía el led.

G.8: el conjunto de monedas y arandelas con limón o vinagre suministran la energía necesaria para que pase corriente por los cables para lograr encender el led, si no hay corriente, entonces no prende el bombillo. Mejor dicho, puede haber corriente pero mínima entonces no funciona, debe hacer la corriente necesaria para que prenda, porque aunque no prendiera el led si la sentíamos con la lengua.

G.9: nos imaginamos las cargas negativas moviéndose desde la moneda por un cable hasta el bombillo y rosan (como si se frotara) el hilo de cobre delgadito que hay por dentro del led y por eso se calienta y se hace como una luz y luego pasan por el otro cable y vuelven a la arandela que está al extremo de la torre. Lo mismo debe pasar con la pila de limones y de vasos de vinagre, solo que en este caso las cargas se mueven también por dentro del limón y en el vinagre que hay en los vasos.

G.10: los cables llevan la energía de la torre al bombillo y del bombillo a la torre, vuelve solo la parte que no gastó el bombillo. Lo que hace la corriente es hacer un círculo y por eso se llama circuito, va y vuelve....

7. ¿Puedes hablar de electrificación de los materiales usados en esta sesión? Es decir, ¿Están cargados? ¿Todos? ¿Algunos? ¿Ninguno? Si lo consideras así, ¿cómo se pudieron electrificar esos materiales?

G.1. solo están cargados los metales y el zumo de limón o vinagre lo que hacen es separar esas cargas, para un lado las positivas y para otro las negativas, con los cables se lleva esa electricidad negativa y positiva hasta el bombillo para que encienda.

G.2. no están cargados, se cargan cuando se juntan los dos materiales, y tienen que ser distintos, porque moneda con moneda no se cargan, el multímetro marca cero. En cambio sí es de dos materiales distintos si se cargan con distinta energía o electricidad, los cables solo conducen esa energía hasta el bombillo para que prenda.

G.3. el vinagre es el que hace que la moneda se oxide y las arandelas también y por eso se cargan.

G.4. la energía la tiene el limón o el vinagre, cuando se sumergen ahí las arandelas con las monedas, se genera una energía que si se puede medir con el multímetro, ahí es cuando marca la cantidad de corriente que pasa por los cables y el bombillo.

G.5. cuando frotábamos la bomba ella se cargaba con electricidad positiva o negativa y por eso atraía a otros materiales, pero cuando era con los papelitos de aluminio después de que la tocaban entonces quedaban cargados de la misma forma que la bomba por eso se repelían. Entonces cuando quedan tocándose la moneda y la arandela, ellas se cargan con la misma electricidad positiva o negativa, entonces y el vinagre o limón hace que una de las dos otra vez se vuelva a cargar pero con una energía distinta para que la pila pueda quedar con sus dos polos como pasa en una pila normal.

G.6. al unir todos los materiales, se aumenta el grado de electrificación de esos materiales, y por eso se puede prender el led. El vinagre y el limón hacen que no pase como nos pasó con la lámpara que acercábamos al tubo, pues ahí la energía se agotaba muy rápido y por eso la lámpara se apagaba instantáneamente. En cambio en la pila que hicimos con la torre o con los limones y el vinagre, estas sustancias tienen como la potencia de hacer durar más tiempo la corriente que prende el bombillo. Además en el circuito del tubo de pvc le faltan los cables que unen el tubo con las patitas de los extremos de la lámpara.

G.7. para nosotros, todos los materiales están en estado neutro antes de unirlos, los cables tienen igual cantidad de electricidad positiva y negativa, lo mismo pasa con las monedas, las arandelas, y también los electrolitos, porque los medimos solos (sin agregarles nada) con el multímetro y

marcaba cero voltios, entonces estaban neutros. Cuando se unen, las sustancias hacen que haya una oxidación y por eso unos pierden electrones y los otros ganan o sea que por eso queda como una pila con polo positivo y negativo, cuando se unen los cables ellos también ganan electrones y los empuja por el otro cable y entonces el borne (arandela) positivo los atrae, cuando se equilibren la cantidad de cargas entonces la pila deja de funcionar.

G.8. todos los materiales se deben cargar para que funcione la electricidad, por eso todos los materiales que usamos son buenos conductores, los cables, las monedas, las arandelas, el vinagre, el limón, hasta el bombillo. Si ponemos una papa o agua con sal, también puede pasar la corriente, solo que ahora más difícil por la resistencia de esos materiales. Los que no se pueden cargar son como la porcelana, la madera, etc...por eso si los colocamos en el circuito nunca va a funcionar.

G.10. todos se cargan cuando se ponen en contacto, menos el bombillo, el usa toda esa energía para emitir luz a las personas.

8. Existe alguna relación entre los experimentos de esta sesión y las sesiones anteriores. **Justifica tu respuesta.**

G.1. la relación que nosotros evidenciamos es que hay diferentes maneras para producir electricidad en cada sesión evidenciamos una manera en la que se produce la electricidad por ejemplo en el globo al ser frotado y en los experimentos que hicimos con las monedas y las arandelas. Solo que en la bomba la electricidad se acababa rápidamente y ya no atraía objetos, y cuando tocábamos los objetos que habíamos frotado con la mano, se les quitaba o acababa esa energía.

G.2. se genera una relación entre los tres experimentos ya que tanto las arandelas como las monedas son conductores de energía reaccionando con el vinagre o con el limón para que el led encienda. Y con los experimentos en que frotábamos el globo también hay relación, ya que hay pasos de corriente de cargas entre los cuerpos frotados y por eso los papelitos, el cabello, el aluminio y otros se pegan a ellos.

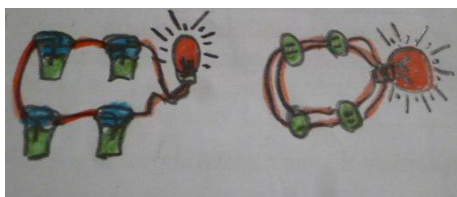
G.4. el experimento de la torre de monedas, de los limones y con los vasos de vinagre tienen la relación de que la batería utilizada para estos experimentos es algo ácido que es lo que genera la energía, claro que debe haber metales porque el solo ácido no genera energía, es cuando los

metales están untados o sumergidos en ellos y ahí si se genera la energía que conducen los cables. Las monedas y las arandelas son las que recogen la energía para encender el bombillo.

G.6. realizamos tres sesiones, con este experimento el multímetro marcaba diferentes voltajes cuando se cambiaba de moneda o de arandela. Si se agregaban o se acaban del vinagre. Cuando lo tocábamos con la lengua se sentía que había una corriente, se sentía un leve cosquilleo en la lengua entonces pudimos evidenciar que si había corriente en estos y que la lengua reemplaza el led y este era importante para cerrar el circuito. La lengua era en este momento el led que recibía la energía. En estos tres experimentos pudimos evidenciar que el bombillo es el receptor de toda la energía que arrojan los demás materiales.

G.7. todos los experimentos que hemos hecho hasta hoy se relacionan con la electricidad que produce la unión de algunos objetos con diferentes materiales, sí existe la relación ya que en esos experimentos involucran la existencia de energía en forma de corriente que se transmite de un lado a otro.

G.8. si, los tres experimentos utilizan un amplificador transmisor que son las monedas y las arandelas así como una fuente de energía que sería el vinagre y en el caso de los limones, el limón para poder generar luz en el bombillo led.



G.10. los materiales empleados en los experimentos en los que nos prendió el led en estos hubo paso de energía ya que los materiales usados eran compatibles para transmitir electricidad y generar que el bombillo led pudiera encender. Así los experimentos nos quedaban realizados con excelente preparación. Entre todos los experimentos que hemos hecho la conductividad es algo común en todos, estos objetos y materiales generaban el paso de energía eléctrica, lumínica y hasta térmica. Además de la energía de movimiento.

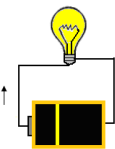
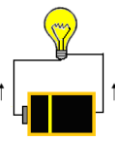
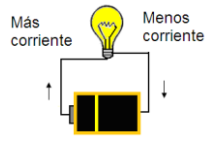
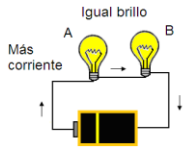
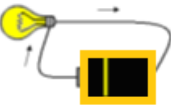
De acuerdo a las categorías descritas en la tablas 4.3 (ver pág. 110) y 4.4 (ver pág. 122), los registros de cada una de las sesiones se pueden clasificar así:

Tabla A7. Resultados de la etapa 2 desde las categorías de análisis descritas en la tabla 4.4

Grupo descriptivo	Modelos mentales de la noción de circuito eléctrico	Grupos	%
C ₁	Transformaciones de energía en el interior y exterior de la batería.	Sesión 3A 1 ¹¹ , 5 ¹¹ , 7 ¹⁴ , 10 ¹⁴ , 10 ¹⁹ , 8 ¹⁹	7.69
		Sesión 3B (# de veces durante la intervención) 2 ¹¹ (3), 3 ¹¹ (1), 5 ¹¹ (2), 6 ¹¹ (1), 7 ¹¹ (1), 8 ¹¹ (3), 10 ¹¹ (1)	25
		Sesión 3C 1 ¹¹ , 6 ¹¹ , 2 ¹⁵	3.44
		Sesión 3D 5 ¹³ , 2 ¹⁶	2.5
C ₂	Balances de energía en todo el circuito	Sesión 3A 3 ¹⁶	1.28
		Sesión 3B 4 ¹¹ (1), 5 ¹¹ (1), 7 ¹¹ (2), 10 ¹¹ (1)	10.41
		Sesión 3C 6 ¹⁴ , 9 ¹⁶ , 2 ¹⁸ , 4 ¹⁸	4.59
		Sesión 3D 4 ¹⁴ , 7 ¹⁷	2.5
C ₃	Transferencias de energía	Sesión 3A 2 ¹¹ , 3 ¹¹ , 5 ¹¹ , 7 ¹¹ , 9 ¹¹ , 1 ¹² , 6 ¹³ , 7 ¹³ , 8 ¹³ , 10 ¹³ , 1 ¹⁴ , 2 ¹⁴ , 4 ¹⁴ , 5 ¹⁴ , 6 ¹⁴ , 8 ¹⁴ , 9 ¹⁴ , 10 ¹⁴ , 8 ¹⁵ , 3 ¹⁶ , 1 ¹⁷ , 3 ¹⁷ , 4 ¹⁷	29.48
		Sesión 3B 2 ¹¹ (2), 4 ¹¹ (2), 5 ¹¹ (3), 6 ¹¹ (1), 7 ¹¹ (4), 8 ¹¹ (1), 9 ¹¹ (1)	29.16
		Sesión 3C 6 ¹¹ , 8 ¹¹ , 9 ¹¹ , 4 ¹¹ , 2 ¹³ , 4 ¹³ , 6 ¹³ , 9 ¹³ , 3 ¹⁴ , 1 ¹⁵ , 2 ¹⁵ , 3 ¹⁵ , 4 ¹⁵ , 5 ¹⁵ , 6 ¹⁵ , 7 ¹⁵ , 7 ¹⁶ , 10 ¹⁶ , 1 ¹⁸ , 7 ¹⁸ , 9 ¹⁸ , 10 ¹⁸ , 4 ¹⁸ , 2 ¹⁹ , 4 ¹⁹ , 5 ¹⁹ , 6 ¹⁹	31.03
		Sesión 3D 2 ¹¹ , 4 ¹¹ , 7 ¹¹ , 5 ¹² , 5 ¹³ , 10 ¹³ , 2 ¹⁴ , 3 ¹⁴ , 4 ¹⁴ , 6 ¹⁴ , 9 ¹⁴ , 1 ¹⁵ , 7 ¹⁵ , 8 ¹⁵ , 9 ¹⁵ , 10 ¹⁵ , 1 ¹⁶ , 3 ¹⁶ , 4 ¹⁶ , 5 ¹⁶ , 7 ¹⁶ , 8 ¹⁶ , 10 ¹⁶ , 1 ¹⁷ , 2 ¹⁷ , 7 ¹⁷ , 10 ¹⁷ , 1 ¹⁸ , 2 ¹⁸ , 4 ¹⁸ , 6 ¹⁸ , 7 ¹⁸ , 8 ¹⁸ , 9 ¹⁸ , 10 ¹⁸	43.75

Tabla A8. Resultados de la etapa 2 desde las categorías de análisis descritas en la tabla 4.5

Grupo descriptivo	Modelos mentales de la corriente eléctrica	Grupos	%
IP ₁	La corriente se debe a diferencias de potencial entre dos puntos del circuito.	Sesión 3A	0
		Sesión 3B	0
		Sesión 3C 4 ¹¹ , 5 ¹¹ , 8 ¹² , 5 ¹³ , 6 ¹⁴ , 1 ¹⁵ , 3 ¹⁵ , 5 ¹⁵ , 8 ¹⁵ , 9 ¹⁵ , 2 ¹⁶ , 3 ¹⁶ , 4 ¹⁶ , 5 ¹⁶ , 7 ¹⁶ , 3 ¹⁸ , 10 ¹⁸	19.54
		Sesión 3D 1 ¹² , 10 ¹³ , 5 ¹⁵ , 7 ¹⁶ , 4 ¹⁷	6.25
IP ₂	La diferencia de potencial se debe al paso de una corriente.	Sesión 3A	0
		Sesión 3B	0
		Sesión 3C	0
		Sesión 3D	0
I ₁	La corriente eléctrica como un fluido material.	Sesión 3A 4 ¹¹ , 7 ¹¹ , 9 ¹¹ , 1 ¹² , 10 ¹² , 6 ¹³ , 1 ¹⁴ , 5 ¹⁶	10.25
		Sesión 3B	0
		Sesión 3C 2 ¹¹ , 4 ¹² , 4 ¹⁵ , 2 ¹⁶ , 2 ¹⁸	5.74
		Sesión 3D 1 ¹³ , 3 ¹⁴ , 4 ¹⁴ , 5 ¹⁴ , 8 ¹⁴ , 4 ¹⁶ , 5 ¹⁶ , 7 ¹⁶ , 8 ¹⁶ , 6 ¹⁸	12.5
I ₂	La corriente eléctrica como un movimiento de cargas.	Sesión 3A 3 ¹¹	2.08
		Sesión 3B	0
		Sesión 3C 4 ¹²	1.14
		Sesión 3D 3 ¹⁴ , 9 ¹⁴ , 7 ¹⁷	3.75
I ₃	La corriente eléctrica como la propagación de una perturbación.	Sesión 3A 2 ¹⁶	2.08
		Sesión 3B	0
		Sesión 3C	0

		Sesión 3D 6 ¹⁶	1.25
I ₄	Modelo unipolar 	Sesión 3A	0
		Sesión 3B	0
		Sesión 3C	0
		Sesión 3D	0
I ₅	Modelo concurrente 	Sesión 3^a 7 ¹⁵ , 9 ¹⁹ , 4 ¹⁹	3.84
		Sesión 3B 4 ¹¹ (1), 9 ¹¹ (1)	4.16
		Sesión 3C 1 ¹¹	1.14
		Sesión 3D 4 ¹⁶ , 2 ¹⁷	2.5
I ₆	Modelo de gasto de corriente 	Sesión 3A	0
		Sesión 3B	0
		Sesión 3C 10 ¹⁵ , 10 ¹⁶	2.29
		Sesión 3D 4 ¹⁴ , 8 ¹⁴ , 10 ¹⁶	3.75
I ₇	Modelo de reparto 	Sesión 3A	0
		Sesión 3B	0
		Sesión 3C	0
		Sesión 3D	0
I ₈	Modelo conceptual 	Sesión 3A	0
		Sesión 3B 7 ¹¹ (1)	2.08
		Sesión 3C 4 ¹³ , 6 ¹⁴ , 5 ¹⁵ , 9 ¹⁹ , 6 ¹⁹ , 8 ¹⁹	6.89
		Sesión 3D 3 ¹³ , 2 ¹⁶ , 9 ¹⁶	3.75

La sesión 3A consta de 1 actividad con 10 preguntas, el total de registros escritos obtenidos fueron de 78, en los que los estudiantes expresan sus modelos explicativos a cada una de las situaciones mencionadas en esta sesión. Respecto a la situación planteada en el numeral 10 de la

sesión 3A se recogen 7 explicaciones, las cuales no se tienen en cuenta dentro de los porcentajes obtenidos.

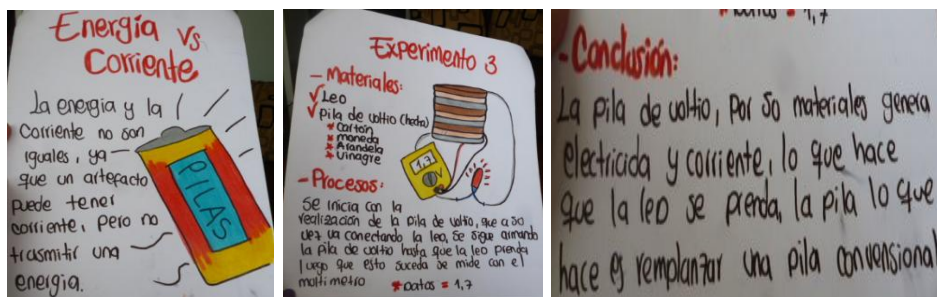
De la misma manera, en la sesión 3B se plantean 5 preguntas inicialmente, pero debido a las condiciones del experimento, se consideró más pertinente hacer la discusión una vez hecha la actividad experimental. Así que, durante el trascurso del debate surgieron otros interrogantes como se puede evidenciar en la transcripción de registros hechos para la sesión 3B (ver pág. 170).

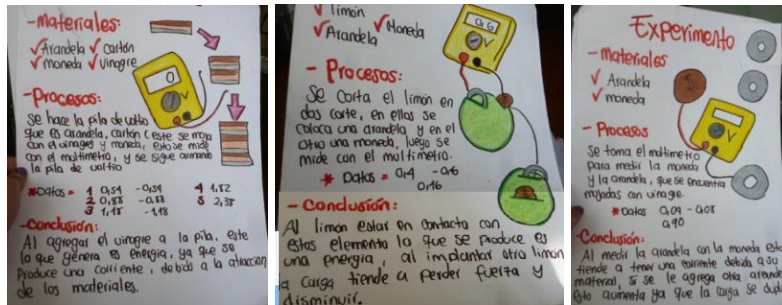
Los porcentajes obtenidos se han calculado sobre un total de 48 registros (en audio); en ellos, también se mostró el número de veces que reafirmaban sus modelos explicativos en cada una de las intervenciones.

En la sesión 3C, se abordó un total de 9 preguntas y, a partir de ellas se obtuvo 87 registros escritos en los que los estudiantes trataban de dar explicación a las situaciones experimentales planteadas dentro de esta sesión. Mientras que en la sesión 3D, se abordó un total de 8 preguntas y, a partir de ellas se obtuvo 80 registros escritos en los que los estudiantes trataban de dar explicación a las situaciones experimentales planteadas y retomando aspectos de las sesiones anteriores.

Discusión en el aula alrededor de la socialización de los registros escritos de la etapa 2

Se da inicio a la socialización con la exposición de los resultados de uno de los grupos, y de allí se desprende toda la discusión.





G.1* profe... ¿entre más jugoso esté el limón más energía produce para encender al bombillo?
...y ¿por qué el vinagre influye en este procedimiento?

G.6* si hay más vasos entonces hay más corriente. Entre más vasos la carga alcanzada va a ser máxima y la corriente sería la unidad de electrones que circulan. El vinagre hace que se oxide por eso salen burbujas, al oxidarse los metales entonces pierden ciertas propiedades, eso desfavorece que prenda el led.

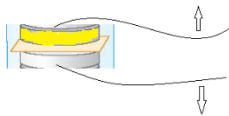
G.4* Si colocamos dos led en el circuito, los limones tienen la misma carga que se le distribuye a los dos led por uno enciende menos.

El limón (que es un cítrico) trae electrolitos, eso es un medio de transporte de electrones más rápido. El vinagre no sé, ¿tiene electrolitos?

G.9*...yo pensaba que para poder prender un bombillo se necesitaba de una súper empresa, con unas súper máquinas y aparatos, pero ver que se podía prender un bombillito (led) con limones y monedas.... Pues... o sea que en la casa tenemos también fuentes de energía con las que seguramente podríamos hacer prender un bombillo.

G.1* si pongo una moneda falsa en el circuito no funciona porque no es un conductor de electrones...las monedas falsas no se pegan a los imanes.

G.4*: al pelar el cable funciona mejor



...los electrones están arriba y tienen que salir por algún lugar. Es como un circuito, entonces tiene un inicio y un final. Las monedas se oxidan porque hay muchos electrones.

G.7*: el vinagre activa los electrones.

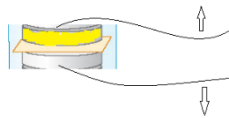
G.5*: los cables conectan para que pase o permita la interacción de la energía que se acumula en los dos limones.

G.2*: El vinagre conecta las dos (moneda-arandela) y da un voltaje, porque el vinagre es un conductor que permite que los metales interactúen, además el material que usemos influye en los resultados. Creemos que un material puede ser el negativo y el otro puede ser el positivo. Si los dos fueran positivos formarían un corto.

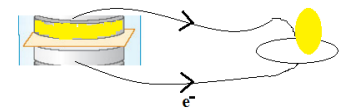
P*: ¿por qué debe haber moneda-arandela y no moneda-moneda o arandela-arandela?

G.2*: si no es así, no vamos a tener los polos.

G.4*: aquí el multímetro nos marcó 1,75 voltios, eso podría ser las cargas que posee.



Mejor dicho, el número del multímetro indica la medida del circuito, la cantidad de electrones, pues pasan millones de electrones. Uhm... más bien trillones de electrones... y eso hace que haya corriente que es la cantidad de electrones en un circuito.



G.2*: si cerramos el circuito con el bombillo, se dispersa el voltaje entre esa conexión porque tiene hacia dónde dirigir ese voltaje (hacia el bombillo). Si no cerramos el circuito, no hay hacia dónde dirigir ese voltaje.

G.8*: las cargas están en reposo en las monedas de cobre y en las arandelas de zinc, al estar en contacto con otra sustancia entonces puede reaccionar para dar un voltaje.

G.6*: no, las monedas e las arandelas son los conductores y el limón o el vinagre son los que producen el voltaje... y ese voltaje es la cantidad de electrones que pasan mediante el **circuito**, por ejemplo desde el primer limón hasta el último limón.

P*: de acuerdo a lo que me han mencionado hasta el momento, quisiera preguntarles algo: ¿corriente y voltaje son lo mismo? Si no es así, ¿en qué se diferencian? ¿qué procesos describe cada uno de esos términos?

G.2*: el voltaje es la unidad de medida, es algo que nos permite medir, es una escala que mide... y la corriente o energía es la interacción de los electrones.

G.6*: el voltaje es la capacidad eléctrica, o sea que hay electricidad entonces debe haber un punto de inicio y un punto final, o sea... si es un **circuito** cerrado debe haber un punto de referencia, como en las pistas de carros.

G.1*: con los limones al poner el led cerramos el circuito porque unimos el final con el inicio.

G.2*: los voltios son energía, radiación o es la medida de la cantidad de energía que hay en una moneda, todo suma.

G.3*: el voltaje es la potencia que recibe o da el objeto...y la potencia es la energía...la energía es como luz... no... mentira... la luz se produce gracias a la energía.

G.4*: en el multímetro aparece un menos porque hacemos contacto con el polo que no es...las cargas tienen polos, el experimento tiene positivos y negativos, como estamos manejando electricidad hay electrones positivos y electrones negativos.

G.1*: el grosor del cobre influye, no es igual que el cobre delgado, en el grueso había menos voltaje.

Entre más grueso menor voltaje, entre menos grosor más voltaje. Y eso es lo que nos indica el multímetro, el voltaje que depende también de qué tan gruesos son los cables, no solo de las monedas y arandelas.

G.10*: el número del multímetro indica la electricidad.

G.5*: no... es un voltaje de acuerdo a como nosotros configuremos el circuito o tal vez mide una carga que es capaz de conducir.

G.9*: creemos que es la energía que se acumula en ese **circuito**, en las sustancias.

G.10*: ¿Se acumulan en una parte?

G.9*: no... se dispersa por todo el circuito...no es lo mismo medir 2 o 4 limones. Al conectar se distribuye esa carga por todo el circuito.

G.2*: nosotros nos dimos cuenta que si medimos solo el limón o solo la moneda o arandela no marca nada, deben estar los tres juntos y así si marca un número..

G.10*: es porque el limón posee capacidades conductoras que ayudan a que el voltaje sea mayor o menor.

G.3*: a nosotros nos pasó algo raro,... comenzamos con 1.2 y a medida que agregamos mas vasitos nos disminuyó el voltaje hasta 0.37 aproximadamente.

G.10*: ay nosotros también vimos que depende de que tan profundo coloquemos los cables del multímetro en el vinagre y también dependía de si colocábamos la punta de los cables en el centro o en los bordes de las monedas, en los bordes marcaba más.

G.4*: nosotros notamos que al mojar el limón con vinagre alterábamos el sistema, sin vinagre se necesitaban más limones.

P*: ¿cuál es el sistema?

G.4*: es la conexión entre toda la conductividad de los cables... y el vinagre facilita el paso de la corriente por el **circuito**.

G.9*: nosotros íbamos midiendo los voltajes, comenzamos con -0.99, -2.78 y con 3.78 nos prendió el led con bastante intensidad lumínica... nos causó curiosidad que ¿por qué otros leds prendieron con menos?

G.5*: a nosotros nos marcó 0.384, 0.94, 2,10 y luego 2.15 y con esa medida nos prendió, el mismo led del grupo de Cami (G.9) aunque con menor intensidad. Nosotros aquí untamos el limón y las arandelas con vinagre. Creemos que depende del tamaño del limón y del tamaño de las arandelas, de pronto también de las monedas.

G.9*: nosotros hicimos dos conexiones en la pila de limones, primero con clips y usamos 12 limones, en cambio con alambre de cobre sólo empleamos 7 limones...o sea que los cables también afectan el brillo del bombillo o las cosquillas en nuestra lengua.

G.1*: el limón es igual a una pila y al vinagre. La función de las monedas y las arandelas es hacer una fuerza. O sea ellas son la fuerza. Y el cable transporta la cantidad de fuerza para que el bombillo prenda.

P*: ¿podrían explicarme lo de la fuerza?

G.1*: cuando frotamos el tubo de pvc el transporta la fuerza a la hoja para atraerla, entonces el cable transporta esa fuerza hacia el bombillo. El cabello es como la pila. Es como cuando uno camina descalzo sobre una alfombra y pasa una fuerza que no me acuerdo como se llama. Frotar es igual a la pila...y el esfero a lo que está frotado es el cable. El papel es como el bombillo...si yo quiero que el papel suba es como querer que el bombillo prenda.

/...algunos estudiantes del grupo manifiestan desacuerdo con la intervención de su compañero*/*

G.7*: hay tres clases de energía en estos experimentos:

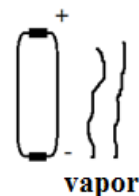
- la energía natural: de los limones, frutas, papas.
- la energía metálica: de las monedas y las arandelas
- la energía eléctrica: del cable y el bombillo

G.1*: los circuitos tienen una entrada de energía positiva y una de energía negativa.

Las monedas de \$100 ganan energía positiva y reciben carga cuando se frotan con el pantalón entonces la energía se unía al frotarla con otro tipo de energía se producía luz.

G.4*: las monedas tienen estática como cuando frotamos la bomba, la moneda de \$100 tiene el mismo nivel (de voltaje, de estática) de la arandela, al combinar el vinagre se evapora y se produce la energía... Todo está igual, cuando sale el vapor “invisible” de las monedas se penetra en las arandelas y las sustancias se desnivelan, entonces parece como una pila redonda...debe tener un positivo y un negativo...el positivo recibe carga positiva y el negativo recibe carga negativa.

La pila nunca va a estar al 100% porque se recargaría mucho y no funcionaría, se estallarían los bombillos, tiene un voltaje exacto...el vapor sube entonces tiene más energía, o sea positiva.



...al subir el vapor quedaría con esa sustancia de energía....

...el cable conector es el que distribuye la energía...el bombillo no tiene energía...sólo hasta conectarlo.

P*: ¿Qué les está indicando el número del multímetro?

G.8*: Mide la corriente que haya

P*: ¿la corriente que hay?

G.5*: No... en el punto. Para ver en qué punto hay más energía

P*: ¿energía es lo mismo que corriente?

G.5*: No...

P*: ¿entonces qué se mide, energía o corriente?

G.10*: Mide la corriente

G.1*: Si, corriente, si..

*/*se tiene el montaje experimental de la corona de tazas*/*

/...un estudiante coloca el multímetro sobre una arandela no más...*/*

G.4*: aquí no marca nada porque la arandela no está dentro del sistema, por lo que es un mismo polo no marca nada... miren con la sola moneda de \$100 tampoco marca nada porque también es un solo polo..

P*: si uno la moneda y la arandela

G.4*: tampoco

G.7*: de pronto

G.4*: no, no marca nada

G.3*: no de pronto sí...

G.10*: si yo las pongo encima de mi mano si marca porque yo tengo la energía...

A si ve, si marco... porque si es conductor de energía...

P*: bueno entonces colóquenlas en otro lado que no sea la mano..

G.8*: encima de un cuaderno

G.4*: si porque como el cuaderno no tiene vida entonces no tiene energía... un cuaderno no tiene conductor de energía porque no tiene vida

P*: ¿y la moneda y la arandela tienen vida?

G.4*: no... la moneda y la arandela son conductores

G.9*: sobre la pasta del cuaderno no hay energía en cambio encima de las hojas si hay entonces si va a margar un número...

La bomba y la hoja de cuaderno si son conductores porque eso lo vimos cuando frotábamos la bomba y se acercaban los papelitos y por eso se atraían...

G.1*: bueno peguemos las monedas teniéndolas encima del cuaderno para ver si marca algo...

Ay no, no marcó nada....

Péguelas bien...



G.4*: no, tampoco marca nada... es porque necesita un conductor, échele limón... entonces la hoja no es conductora.

G.10*: si, si es conductora y por eso se dejaba atraer...

G.4*: no... La hoja no tiene energía, es que nosotros se la transmitimos cuando frotamos la bomba con el cuaderno... nosotros se la dimos... y nosotros somos conductores de energía

G.4*: debemos colocar la monedas untadas de limón o de vinagre y que se toquen...miren es como el ejercicio de las cintas D y E, moneda y arandela...

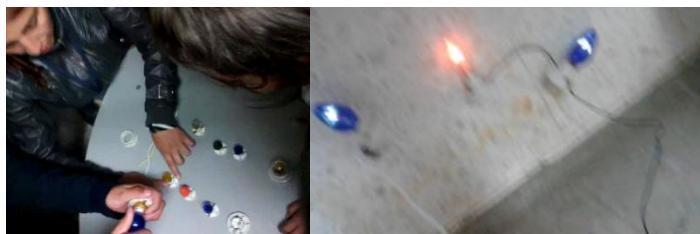
Además vean que cuando colocamos en las copitas una moneda en una y otra arandela en la otra y seguíamos así con los demás vasos no marcó un valor menor que cundo colocamos moneda y arandela en cada copa. Debe haber dos metales de diferente para que el multímetro marque la energía, si no...no hay energía... el menos es de acuerdo a la forma como coloquemos los

cables, si primero el rojo o el negro... pero vean que el valor sigue siendo el mismo, no cambia... es porque un cable del multímetro es positivo y el otro es negativo.

ANEXO 3. Transcripción de los registros escritos de la Etapa 3.

Sesión 4

1. CIRCUITO EN SERIE ¿Qué sucede si retiras uno de los bombillos? Realiza la experiencia, describe y explica lo que sucede.



G.1. cuando colocamos los bombillos en serie la intensidad de la corriente es la misma porque se reparte para todos los bombillos, en este caso es la toma la que suministra la energía necesaria para que enciendan todos los bombillos.

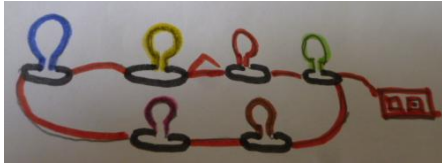
G.2. La energía eléctrica suministrada al circuito se convierte en energía lumínica y en energía térmica porque los tres bombillos prenden y se calientan, cuando se quita cualquier bombillo la corriente cesa porque es como si se abriera el circuito (como si se rompiera el cable)

G.3. el circuito en serie prende con igual intensidad pero pudimos ver que una parte hay solo carga negativa y positiva llegando a la mitad y compartiéndola en el mismo.

G.4. pareciera que la intensidad de luz en los bombillos no fuera la misma pero es por el color, hay uno transparente y los otros son verde y azul, por eso obstruyen el paso de la luz. Si se quita cualquier bombillo creíamos que los demás seguían prendiendo pero ya vimos que no, es porque el bombillo no está en contacto con las placas metálicas de la roseta, y deben tocarse como con las monedas y las arandelas y si no, no puede pasar la energía, las cargas.



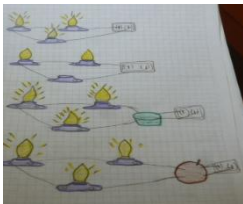
G.5. el circuito en serie deja prender hasta más de tres bombillos al mismo tiempo, como en la casa. O en paralelo también prenden varios.



G.6. en el circuito en serie hay corriente que logra prender los bombillos, pero si se quita uno de ellos, los demás dejan de funcionar porque no les llega la corriente que necesitan para prenderse. En cambio en paralelo podemos quitar bombillos y los demás siguen encendidos, como los de las luces de navidad. Si se dañara un solo bombillito se apagarían los demás.

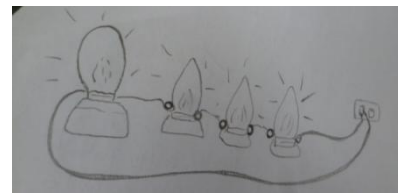


G.7. creíamos que cuando quitáramos el bombillo de la mitad no pasaría nada, que seguirían prendidos los otros dos. Pero que si quitamos uno de los extremos se podían apagar los demás, depende hacia donde vaya la corriente.



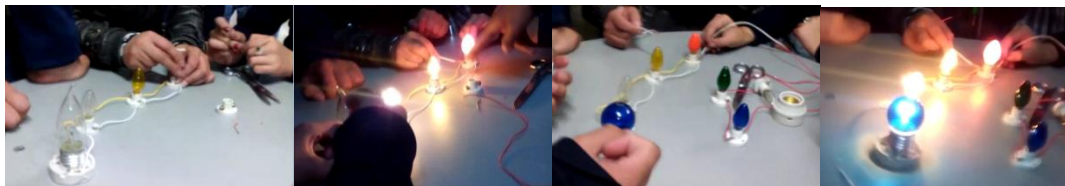
G.8. cuando se tiene un circuito en serie si se quita un bombillo este no sigue funcionando y los otros bombillos se apagan y si hay una resistencia o más, los bombillos pierden intensidad. Por ejemplo si hubiéramos puesto una papa o agua con sal. El brillo se los bombillos se ve afectado porque esas son resistencias que no dejan que pase toda la corriente que le da la batería al circuito.

G.9. El circuito en serie se conecta con un solo cable entre bombillo y bombillo, y en los bombillos de los extremos se conectan cables más largos que se conectan a la toma para que los bombillos del circuito enciendan. Al desconectar un bombillo del circuito este interfiere en todo el circuito provocando que todo el circuito deje de funcionar porque comparten un solo cable por donde pasa la corriente que alimenta todo el circuito.

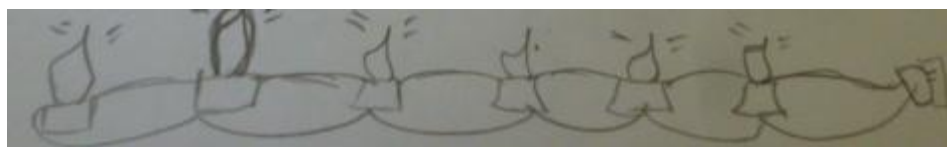


G.10. Como colocamos un bombillo grande el no prendió y los demás sí porque ellos necesitaban más poquita energía eléctrica que se convertía en lumínica, en cambio no era suficiente para el bombillo grande porque su resistencia es más grande. Entonces necesita más energía para que se pueda convertir en térmica y en luminosa porque todos los bombillos también se calientan arto.

2. CIRCUITO EN PARALELO ¿Qué sucede si retiras uno de los bombillos? Realiza la experiencia, describe y explica lo que sucede.



G.1. el circuito en paralelo prende ya que hay mayor resistencia y el primer y último bombillo no tendrán resistencia porque no hay quien los sujete, solo sus polos positivo y negativo.



G.2. cuando quitamos uno de los bombillos (cualquiera), no pasó nada porque el circuito sigue cerrado, no se abre como pasó con el circuito en serie al quitar cualquier bombillo. Como todos son iguales, entonces sus resistencias son iguales y como el voltaje suministrado es el mismo, entonces pasa la misma corriente por cada bombillo desde la fuente hasta los cables y bombillos, y por eso alumbran igual de fuerte.

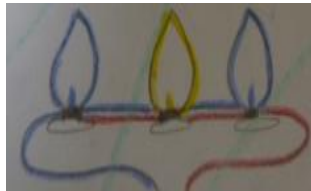
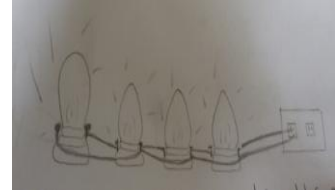
G.3. cuando se tiene un circuito en paralelo aumenta la intensidad lumínica y también no importa si se quita un bombillo. Todos los bombillos tienen resistencias por el material con que se hicieron por eso prenden igual, todos son hechos del mismo material y también depende del material de los alambres, lo hicimos con alambre de cobre y con varias minas y ahí bajaba la intensidad de la luz aunque pasara la misma corriente, porque la energía que se le daba al circuito era la misma, era la del enchufe, es por el material.



G.4. el circuito en paralelo es referente de dos o más bombillos en diferentes series, ya que en este cuando quitamos un bombillo siguieron encendidos los demás.

G.5. pasó como habíamos dicho, la diferencia es que en paralelo los bombillos alumbran con mayor intensidad que cuando están en serie. Debe ser que la corriente se reparte entre los tres bombillos cuando están en serie, en cambio en paralelo pasa la misma por los cables.

G.6. el circuito en paralelo se conecta con dos cables entre cada bombillo y en el último bombillo del circuito se conectan dos cables más largos a una toma para encender los bombillos del circuito. Al desconectar un bombillo del circuito, el resto del circuito no se ve afectado ya que hay más de un cable que alimenta y pasa corriente a todo el circuito.



G.7. una vez conectados los bombillos hacemos dos conexiones: uno con doble cable y otra con un solo cable, como el que realizó la profesora, al unir los cables que generan la corriente con ésta se encienden los bombillos de doble cable, en cambio los de un solo cable alumbran pero la intensidad es muy mínima al quitarle un bombillo a ésta dejan de alumbrar los otros conectados. Eso pasa porque aunque la energía que se está dando a los dos circuitos es la misma, al colocar los bombillos en serie se reparte la corriente para entre todos, en cambio en paralelo pasa la misma corriente para todos. La corriente va de la toma por un cable al circuito y vuelve por el otro, en los dos circuitos.

/*Los estudiantes hacen referencia a un circuito que se diseñó, el cual tenía unos bombillos en serie y otros en paralelo*/.

G.8. el voltaje es el mismo, en este caso de 120 voltios y la corriente que pasa por los bombillos es la misma, desde la fuente hasta los bombillos. Por eso si quitamos un bombillo siguen prendidos los demás, porque el circuito no se corta. Pero tenemos una duda, si en las pilas que hicimos tenían que haber dos metales diferentes (monedas y arandelas), ¿por qué en el enchufe se ve solo un tipo de metal? Y cables, pero del mismo material.

G.9. cuando quitamos un bombillo los demás siguieron prendidos porque el voltaje le da la energía necesaria para que todos prenda igual y como en este caso no comparten cables, entonces la corriente que pasa es la misma.

G.10. cuando retiramos los bombillos, primero y uno y luego dos, vimos que seguían prendiendo los demás y con la misma intensidad, es porque la energía de la fuente produce una perturbación en el resto del circuito y que llega de manera inmediata hasta el último bombillo, por eso la corriente es la misma y por eso prenden igual. El circuito no se rompió.

Teniendo en cuenta los circuitos elaborados en las sesiones 3A, 3C, 3D y ésta; define en tus palabras qué es un circuito eléctrico y bajo qué condiciones funciona éste y cómo puede verse afectado. Cuáles son las variables físicas que lo describen y que relación se presenta entre ellas.

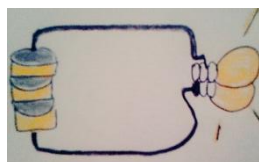
G.1. Un circuito es un dispositivo que está conformado por una pila, por cables y unos bombillos. La pila tiene un mecanismo de funcionamiento en el que se producen procesos de óxido-reducción para que las cargas negativas se acumulen en uno de sus bornes y el otro como le faltan entonces queda cargado de manera positiva. Esa energía se suministra al resto del circuito por medio de los cables y se convierte en energía de luz. Si colocamos resistencias en el circuito como minas de lápiz, o papas, o agua con sal, la intensidad de la luz disminuye porque son materiales que son buenos conductores pero no igual que el alambre de cobre. Los buenos conductores son malas resistencias.

G.2. Un circuito es como una organización donde se puede mover algo de forma cíclica, como un círculo mejor dicho. O sea que inicia en un lugar y vuelve ese lugar, y se repite y se repite y se repite... La corriente es la que va y vuelve, la misma que va, esa misma vuelve. La pila esta como electrificada adentro entonces tiene una parte más positiva que la otra, y todo lo de la parte negativa intenta irse a la parte positiva, y como no tiene por donde, entonces para eso es el circuito, que le permite a eso negativo circular (o sea la corriente). Hasta donde se interrumpa o corte el circuito, la segunda hasta donde encuentra obstáculos, si es muy grande ya no puede circular más (por la resistencia), si la resistencia es muy grande, entonces la corriente no puede pasar por eso un bombillo de 120V no prende con una pila de las que hicimos porque eran de 4,5V máximo. Y la otra opción es hasta que queda en equilibrio todo por dentro de la pila. O sea hasta que ya hay igual de cargas negativas y positivas en los bornes de la pila, ahí deja de pasar corriente.

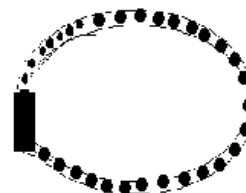
G.3. Un circuito es un conjunto donde los materiales que se utilicen son muy importantes, dentro de la pila debe haber dos metales y un ácido diferentes. La pila le da la energía que necesita el bombillo o los bombillos para que enciendan. Si la energía no es suficiente, entonces los bombillos no prenden.

G.4. La pila o fuente entrega la energía necesaria para que el bombillo encienda, a veces se calientan los cables o el bombillo. Es por la corriente que pasa desde la pila por los dos cables hasta el bombillo.

G.5. En un circuito se pueden unir dos o más bombillos sin que se necesiten cables porque la rosca es metálica y por eso es una conductora de electricidad, entonces no se necesitan muchos cables, solo dos para conectarlos al lado positivo y negativo de la fuente.



G.6. en un circuito, lo que se sucede es una perturbación de las cargas del cobre (monedas de \$100) y las arandelas, debido al efecto químico que produce el limón. Entonces no es que las cargas se desplacen sino que debido a su energía se propaga esa perturbación dentro y fuera de la pila cuando se colocan los cables y el led o bombillo. Como los cables también tienen cargas, esas también aumentan su energía y así también se propaga esa perturbación hasta el bombillo y sigue de largo por el otro cable hasta llegar de nuevo a la pila. Cuando se acaba esa energía, se acaba también esa perturbación. Igual que pasa en un charquito con agua.



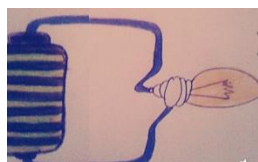
G.7. Un circuito es la disposición de varios elementos y que al cambiar solo una de esas piezas, se ve afectado todo el circuito, a veces se puede notar con la intensidad de la luz de los bombillos, pero a veces a través de sensaciones que podemos sentir con nuestros sentidos como la lengua... y si no, podemos usar instrumentos que nos pueden hacer como una lupa de lo que pasa en cada una de esas partes.

Por ejemplo, la pila que dibuja el profe Diego en los circuitos es la que genera la energía que necesita el circuito, las pilas tienen por dentro materiales como las que hicimos nosotros cobre (monedas), zinc (arandelas) y algún electrolito (limón, vinagre, agua con sal, etc...) y eso provoca unas reacciones que separan las cargas para que queden las positivas a un lado y las negativas al otro. El grado de electrificación de la pila depende de los materiales que se usan para construir la pila, pues unos son mejores conductores que otros. Por fuera de la pila también se pueden poner otros conductores que son buenos, o sea malas resistencias y la energía se suministra por medio de ellos y ahí se transforma para volverse en energía lumínica y si es mucha, a veces también el térmica.

La corriente va de un extremo de la pila (monedas) y llega al otro (arandelas). La corriente que pasa depende del voltaje de la pila y el voltaje depende de los materiales de la pila.



G.8. Un circuito es un arreglo en el que se tiene que tener cuidado la forma como se conectan los elementos. Cuando no hay roseta sino sólo el bombillo, entonces los cables deben tocar dos partes distintas del bombillo, pero que sean conductoras de electricidad. Por ejemplo la rosca y la parte de abajo de la rosca metálica. De lo contrario hacemos corto. La pila le da de su energía al resto del circuito, a los cables y a los bombillos. La intensidad de la luz también depende de cómo se conecten los cables, en serie o en paralelo. En serie se reparte la corriente para todos y por eso prenden menos.



G.9. Un circuito es un conjunto en donde la energía de la pila de monedas y arandelas (o cualquiera) se suministra al bombillo para que encienda, pero ahí es donde se transforma la energía eléctrica en lumínica. La corriente pasa porque la pila tiene un voltaje que se crea por las reacciones que se dan por el vinagre o el limón y las monedas y arandelas, porque se oxidan y se forma una energía como cuando frotamos la bomba, a un lado las cargas positivas y a otro lado las cargas negativas. Si cambiamos las arandelas por papel aluminio el voltaje disminuye y la corriente que pasa es más débil y se puede ver con el brillo del led o sentir con la lengua o los dedos mojados con vinagre.

G.10. Un circuito es un conjunto de elementos que al conectarlos bien prenden los bombillos. Si esta en serie todos los bombillos deben estar buenos o sino es como si se cortara el circuito, en cambio en paralelo, se pueden fundir varios bombillos y los demás siguen funcionando sin ningún problema.

De acuerdo a las categorías descritas en la tablas 4.3 (ver pág. 110) y 4.4 (ver pág. 121), los registros de cada una de las sesiones se pueden clasificar así:

Tabla A9. Resultados de la etapa 3 desde las categorías de análisis descritas en la tabla 4.4

Grupo descriptivo	Modelos mentales de la noción de circuito eléctrico	Grupos	%
C ₁	Transformaciones de energía en el interior y exterior de la batería.	2 ¹¹ , 10 ¹¹ , 1 ¹³ , 7 ¹³ , 9 ¹⁹	16.7
C ₂	Balances de energía en todo el circuito	2 ¹³ , 7 ¹³	6.66
C ₃	Transferencias de energía	2 ¹¹ , 4 ¹¹ , 3 ¹² , 6 ¹² , 7 ¹² , 1 ¹³ , 3 ¹³ , 4 ¹³ , 7 ¹³ , 8 ¹³ , 9 ¹³	36.66

Tabla A10. Resultados de la etapa 3 desde las categorías de análisis descritas en la tabla 4.5

Grupo descriptivo	Modelos mentales de la corriente eléctrica	Grupos	%
IP ₁	La corriente se debe a diferencias de potencial entre dos puntos del circuito.	7 ¹³ , 9 ¹³	6.66
IP ₂	La diferencia de potencial se debe al paso de la corriente.		0
I ₁	La corriente eléctrica como un fluido material.	1 ¹¹ , 5 ¹¹ , 6 ¹² , 7 ¹² , 1 ¹³ , 3 ¹³ , 4 ¹³ , 7 ¹³ , 8 ¹³ , 9 ¹³	33.33
I ₂	La corriente eléctrica como un movimiento de cargas.	3 ¹¹ , 4 ¹¹	6.66
I ₃	La corriente eléctrica como la propagación de una perturbación.	10 ¹² , 6 ¹³	6.66
I ₄	Modelo unipolar		0
I ₅	Modelo concurrente	3 ¹¹ , 8 ¹¹ , 2 ¹² , 6 ¹² , 8 ¹² , 4 ¹³	20
I ₆	Modelo de gasto de corriente	7 ¹¹	3.33
I ₇	Modelo de reparto	1 ¹¹ , 9 ¹¹ , 3 ¹² , 7 ¹² , 8 ¹³	16.66
I ₈	Modelo conceptual	2 ¹³	3.33

La sesión 4 consta de 1 actividad con 3 preguntas, el total de registros escritos obtenidos fueron 30, en los que los estudiantes expresan sus modelos explicativos a cada una de las situaciones mencionadas en esta sesión. Por lo que los porcentajes obtenidos se obtuvieron de la frecuencia (sobre un total de 30 registros) con que los estudiantes recurrieron a los modelos presentados en las categorías de análisis establecidos para esta etapa.