



LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS Y SU RELACIÓN CON LOS MODELOS
EXPLICATIVOS DEL CONCEPTO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

EDWIN RODRÍGUEZ OVIEDO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

MANIZALES

2020

LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS Y SU RELACIÓN CON LOS MODELOS
EXPLICATIVOS DEL CONCEPTO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

EDWIN RODRÍGUEZ OVIEDO

Proyecto de investigación para optar el título de
MAGISTER EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Director de Tesis

Mg. YOANY ANDRÉS PATIÑO FRANCO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

MANIZALES

2020

DEDICATORIA

A Dios

*Por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida,
brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito
mis metas propuestas.*

A mi esposa

*Por ser el apoyo incondicional en mi vida que, con su amor
y respaldo, me ayuda alcanzar mis objetivos.*

Edwin Rodríguez.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradecemos a nuestros docentes de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Manizales, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad, de manera especial, al master Yoany Andrés Patiño Franco principal colaborador durante todo este proceso, quien con su paciencia, dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo; a mis estudiantes de grado Undécimo de la Institución educativa donde laboro por su valioso aporte para nuestra investigación.

RESUMEN

El presente trabajo, busca promover los procesos argumentativos a partir de los modelos explicativos que existen sobre el concepto de circuitos eléctricos e identificar las relaciones que se pueden establecer entre los procesos argumentativos, entendidos a partir de los niveles de argumentación, y los modelos explicativos de dicho concepto, por lo tanto, la siguiente investigación hace una reflexión crítica frente a la argumentación como una forma de discurso, donde cada estudiante debe apropiarla para construir su conocimiento científico desarrollando un pensamiento crítico y reflexivo a partir de una unidad didáctica para identificar la incidencia de la enseñanza de la argumentación en la clase de ciencias, en el aprendizaje del concepto sobre circuitos eléctricos.

La investigación es descriptiva-comprensiva, realizada en tres fases: la primera, una revisión documental sobre la argumentación en general y específica en el campo de las ciencias; la segunda, la intervención del profesor desarrollada en tres momentos: momento 1, de diagnóstico, identificación de los modelos explicativos y los niveles argumentativos iniciales de los estudiantes; momento 2, intervención, la aplicación de una unidad didáctica diseñada para intervenir los niveles argumentativos y los modelos explicativos del concepto en circuitos eléctricos de los estudiantes y el tercer momento de reenfoque, el análisis de los cambios en los modelos explicativos y de los niveles argumentativos que utilizan para explicar el concepto; y la fase tres, descripción e interpretación, donde se realizó el análisis de las producciones escritas de los estudiantes.

Se recomienda realizar estudios que permitan avanzar a la construcción de argumentos, en el caso de esta investigación la argumentación, con actividades explícitas sobre la enseñanza de los procesos argumentativos y las características de los textos argumentativos.

Palabras Claves: Argumentación, modelo argumentativo, modelos explicativos, circuitos eléctricos.

ABSTRACT

The present work seeks to promote argumentative processes from the explanatory models that exist on the concept of electrical circuits and identify the relationships that can be established between argumentative processes, understood from the levels of argumentation, and the explanatory models of this concept, therefore, the following research makes a critical reflection against argumentation as a form of discourse, where each student must appropriate it to build their scientific knowledge by developing critical and reflective thinking from a didactic unit to identify the incidence of teaching argumentation in science class, learning the concept of electrical circuits.

The research is descriptive-comprehensive, carried out in three phases: the first, a documentary review of argumentation in general and specific in the field of science; the second, the teacher's intervention developed in three moments: moment 1, of diagnosis, identification of the explanatory models and the initial argumentative levels of the students; moment 2, intervention, the application of a didactic unit designed to intervene argumentative levels and explanatory models of the concept in electrical circuits of students and the third refocusing moment, the analysis of changes in explanatory models and argumentative levels that they use to explain the concept; and phase three, description and interpretation, where the analysis of the written productions of the students was carried out.

In the case of this research, argumentation is recommended to carry out studies that allow the construction of arguments to be advanced, with explicit activities on the teaching of argumentative processes and the characteristics of argumentative texts.

Keywords: Argumentation, argumentative model, explanatory models, electric circuits.

TABLA DE CONTENIDO

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2	JUSTIFICACIÓN	18
3	OBJETIVOS	20
3.1	<i>OBJETIVO GENERAL</i>	20
3.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4	MARCO TEÓRICO	21
4.1	<i>LA IMPORTANCIA DE LA ARGUMENTACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS</i>	21
4.2	<i>EL LENGUAJE UN ELEMENTO CENTRAL PARA CONSTRUIR Y COMUNICAR CIENCIA</i>	21
4.3	<i>ARGUMENTACIÓN, MODELO ARGUMENTATIVO DE TOULMIN Y NIVELES DE ARGUMENTACIÓN</i>	23
4.4	<i>PATRÓN DE ARGUMENTO DE TOULMIN</i>	27
4.4.1	Desarrollo de TAP: Un Marco de Niveles	28
4.5	<i>LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS: PROPÓSITOS Y PERSPECTIVAS</i>	30
4.5.1	Modelos en la Enseñanza de las Ciencias	33
4.5.2	Concepto de Modelo	33
4.5.3	Modelos Mentales	34
4.5.4	Modelos Conceptuales	35
4.6	<i>IMPLICACIONES DE LA TEORÍA DE MODELOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS</i>	35
4.7	<i>UN RECORRIDO A TRAVÉS DEL ESTUDIO SOBRE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS</i>	38
4.8	<i>EL DESARROLLO DE LA ELECTRODINÁMICA Y EL CONCEPTO ACTUAL DE FUERZA ELECTROMOTRIZ</i>	40
4.8.1	Definición Actual de Fuerza Electromotriz para Circuitos de Corriente Continúa	41

4.9	<i>Elementos de un Circuito Eléctrico</i>	44
4.9.1	<i>Tipos de Circuitos Eléctricos</i>	46
4.9.2	<i>Circuitos en Serie</i>	46
4.9.3	<i>Circuitos en Paralelo</i>	47
4.9.4	<i>Las Leyes de Kirchhoff</i>	48
4.10	<i>OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EN EL APRENDIZAJE SOBRE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS</i>	50
4.11	<i>LA ENSEÑANZA DE LOS FUNDAMENTOS SOBRE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN LIBROS DE TEXTO</i>	51
5	METODOLOGÍA	54
5.1	<i>ENFOQUE METODOLÓGICO</i>	54
5.2	<i>DISEÑO METODOLÓGICO</i>	55
5.3	<i>CONTEXTO</i>	57
5.4	<i>UNIDAD DE TRABAJO</i>	57
5.5	<i>UNIDAD DE ANÁLISIS</i>	57
5.6	<i>INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN</i>	58
5.7	<i>UNIDAD DIDÁCTICA</i>	58
5.8	<i>PLAN DE ANÁLISIS</i>	61
5.9	<i>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	63
5.10	<i>RESULTADOS Y ANÁLISIS DE MODELOS EXPLICATIVOS Y NIVELES ARGUMENTATIVOS INICIALES</i>	64
5.11	<i>ANÁLISIS DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS INICIALES</i>	66
5.12	<i>ANÁLISIS DE LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS INICIALES</i>	72
5.13	<i>RESULTADOS Y ANÁLISIS DE MODELOS EXPLICATIVOS Y NIVELES ARGUMENTATIVOS FINALES</i>	75

<i>5.14 ANÁLISIS DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS FINALES</i>	<i>76</i>
5.14.1 Estudiante 1	77
5.14.2 Estudiante 3	82
5.14.3 Estudiante 4	86
5.14.4 Estudiante 5	90
5.14.5 Estudiante 6	94
5.14.6 Estudiante 10	98
<i>5.15 ANÁLISIS DE LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS FINALES DE LOS ESTUDIANTES</i>	<i>103</i>
5.15.1 Estudiante 1	106
5.15.2 Estudiante 3	111
5.15.3 Estudiante 4	116
5.15.4 Estudiante 5	120
5.15.5 Estudiante 6	124
5.15.6 Estudiante 10	129
<i>5.16 RELACIÓN ENTRE LA ARGUMENTACIÓN Y LOS MODELOS EXPLICATIVOS</i>	<i>134</i>
6 CONCLUSIONES	139
7 RECOMENDACIONES	142
8 REFERENCIAS	143
9 ANEXOS	150

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de Argumentación propuestos por Erduran, Simon y Osborne (2004)	26
Tabla 2 Diferentes Modelos Explicativos de la PILA en un Circuito Sencillo de Corriente Continua	43
Tabla 3 Elementos de un Circuito Eléctrico	45
Tabla 4: Comparación de Textos	52
Tabla 5 Convecciones utilizadas para el análisis de los argumentos.	64
Tabla 6 Modelos explicativos iniciales sobre circuitos eléctricos.	65
Tabla 7 Modelos explicativos/Sin modelo explicativo	69
Tabla 8 Niveles Argumentativos Iniciales caracterizados en los modelos explicativos sobre circuito eléctricos en cada estudiante.	73
Tabla 9 Niveles Argumentativos presentados en los estudiantes antes y después	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Modelo Argumentativo de Toulmin	25
Figura 2 Circuito Cerrado y Circuito Abierto	45
Figura 3 Un circuito en Serie Sencillo. La Batería de 6V Suministra 2V a través de cada Bombilla	46
Figura 4 Un Circuito en Paralelo Sencillo. Una Batería de 6V Suministra 6V a través de cada Bombilla.....	48
Figura 5 Leyes de Kirchhoff.....	49
Figura 6 Diseño de la Investigación	55
Figura 7 Diseño de la Fase Metodológica	56
Figura 8 Modelo de Unidad Didáctica	59
Figura 9 Circuito en serie con dos resistencias.....	135

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias tiene un gran desafío como el de generar en el aula situaciones de enseñanza en la que los estudiantes se pregunten sobre los fenómenos naturales y elaboren explicaciones utilizando los modelos, de allí la importancia de la argumentación como una competencia indispensable para promover el pensamiento crítico en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los conceptos científicos, con el fin de lograr una comprensión profunda de la realidad.

Es necesario que tanto profesores como estudiantes comprendan que la argumentación en ciencias es condición *sine qua non* (sin la cual no) para el logro de comprensiones profundas de lo estudiado, la argumentación involucra procesos cognitivos, interactivos, en torno a temas específicos y en el marco de contextos institucionales y culturales determinados (Tamayo, 2014, p. 35).

El presente trabajo, busca promover los procesos argumentativos a partir de los modelos explicativos en torno al concepto de circuitos eléctricos e identificar las relaciones que se pueden establecer entre los procesos argumentativos, entendidos a partir de los niveles de argumentación, y los modelos explicativos de dicho concepto, por lo tanto, la siguiente investigación hace una reflexión crítica frente a la argumentación como una forma de discurso, donde cada estudiante debe apropiarla para construir su conocimiento científico desarrollando un pensamiento crítico y reflexivo a partir de una unidad didáctica con actividades contextualizadas que generen aprendizajes, por consiguiente, pretende identificar la incidencia de la enseñanza de la argumentación en la clase de ciencias, en el aprendizaje del concepto sobre circuitos eléctricos. El actual trabajo destaca las relaciones que se establecen entre los fenómenos eléctricos relacionados con cargas en movimiento, es decir, primordialmente el estudio de la corriente eléctrica y de los circuitos eléctricos, en donde se evidencia la comprensión de los conceptos relacionados con corriente eléctrica, diferencial de potencial o voltaje, resistencia eléctrica y potencia eléctrica, términos que se clarifican con fin de facilitar la comprensión de los conceptos que representan estos

términos, y a la vez entender mejor como se relacionan entre sí. Además, se dan a conocer las diferentes conexiones de los circuitos eléctricos y sus propias características.

Posteriormente, se da a conocer la parte histórica epistemológica, en él se explican los aspectos disciplinares de la propuesta a partir de las observaciones y descubrimientos que originaron su interpretación. También se describen las dificultades de aprendizaje, estrategias utilizadas en la enseñanza del concepto sobre circuitos eléctricos, una revisión de estos temas contenidos en libros de texto utilizados en enseñanza y de los lineamientos sobre el tema según los estándares del Ministerio de Educación Nacional.

En lo metodológico, la investigación tiene un enfoque cualitativo de tipo descriptivo-comprensivo, ya que su objeto es proporcionar una visión de un evento, condición o situación a partir de datos en forma de palabras o imágenes. Los datos cualitativos se recogen mediante una investigación de campo, que implican la situación a estudiar, y la observación y la interacción con el evento.

La recolección de los datos se da en la fase 2, consiste en obtener las perspectivas y puntos de vista de los estudiantes en tres momentos, en el primer momento, donde se identifican los modelos explicativos iniciales de los estudiantes, en el momento 2, la intervención didáctica a través de la aplicación de la unidad didáctica en donde se interviene los niveles argumentativos y los modelos explicativos iniciales del concepto, y en el momento tres, el análisis de los cambios en los modelos explicativos y de los niveles argumentativos que utilizan para explicar el concepto sobre circuitos eléctricos.

Finalmente, en la tercera fase, se realiza la interpretación y el análisis de la información recolectada para dar a conocer las conclusiones y recomendaciones del trabajo; en donde se destaca los avances en los niveles de argumentación y los modelos explicativos de los estudiantes a partir de la intervención y el reconocimiento de la estructura del texto argumentativo al presentar los niveles argumentativos sobre los fenómenos relacionados con los circuitos eléctricos.

A partir de los resultados obtenidos, se establecen algunas conclusiones orientadas hacia la propuesta para la enseñanza de la argumentación en la clase de ciencias que servirá de base para el diseño de otras propuestas que involucren asuntos del lenguaje o que pretendan fortalecer la argumentación a partir de conceptos de la Física como es el caso de los circuitos eléctricos.

CAPÍTULO 1

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se ha dicho que es propio de las ciencias y de las personas que hacen ciencia formularse preguntas, plantear hipótesis, buscar evidencias, analizar la información, ser rigurosos en los procedimientos, comunicar sus ideas, argumentar con sustento sus planteamientos, trabajar en equipo y ser reflexivos sobre su actuación (Nieda J. y Macedo B., 1997, p. 105); por lo tanto, la argumentación en ciencias es una cuestión dialógica y una herramienta fundamental para la co-construcción de juicios más significativos de los conceptos abordados en el aula de clase. Por ello, debe asumirse como una de las competencias fundamentales en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

La enseñanza y aprendizaje como acción social, exige mejorar los procesos de interacción comunicativa, procesos en los cuales el desarrollo de la argumentación, tanto en los currículos escolares, como en su concreción en el aula, es prioritario en función del logro de aprendizajes en profundidad de los temas estudiados. Concebir la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva discursiva permite, de una parte, hacer explícito el lenguaje usado por los científicos y adecuar sus usos e interpretaciones según los diferentes contextos de aplicación. De otra parte, da herramientas a los estudiantes para la comprensión del trabajo de los científicos y de los patrones temáticos propios del conocimiento científico, así mismo, posibilita la construcción de procesos conscientes e intencionados, mediados por los usos del lenguaje, en función de la comprensión de los fenómenos (Henao, 2008, p. 3).

Por otro lado, en la línea de pensamiento anterior (Schwarz, 2015) propone que los esfuerzos de la escuela deben dirigirse hacia el diseño de contextos de argumentación y hacia el planteamiento de escenarios dialógicos en los cuales, los estudiantes se impliquen desde el reconocimiento no sólo de sus objetivos personales, sino también desde la identificación de los objetivos y metas de todos los participantes en las interacciones comunicativas (Ruiz, 2015, p. 4).

Por lo que se refiere, en la I.E. Pablo Emilio Riveros del municipio de Acacias-Meta los procesos de enseñanza se han venido desarrollando de manera tradicional, entendida esta manera de enseñanza como las clases centradas netamente en el docente y la repetición continua de ejercicios y problemas de aplicación por parte de él.

Durante el ejercicio docente se ha evidenciado en los estudiantes diferentes dificultades o barreras en los procesos de enseñanza y aprendizaje, relacionados con la comprensión y construcción de diagramas esquemáticos de circuitos eléctricos, además dificultades con conceptos relacionados con diferencial de potencial, resistencia eléctrica y corriente eléctrica, como tampoco tienen los argumentos para dar explicaciones a situaciones problema sobre conexiones de circuitos en serie y paralelo. Estas falencias las traen desde grado décimo de la modalidad de Electrónica, pues se comprueba que al presentarle a los estudiantes situaciones cualitativas responden erróneamente, hay dificultades de razonamiento que obstaculizan la formación y el uso de modelos cualitativos. Estas dificultades en los aprendizajes evidenciados, pueden ser el resultado de todos los conceptos que derivan de la experiencia informal a lo largo de la vida.

La enseñanza tradicional también se caracteriza por su énfasis en la resolución de problemas de tipo numérico. Al respecto se ha comprobado en distintas poblaciones que resolver problemas cuantitativos no es una forma fiable para lograr una comprensión conceptual de circuitos eléctricos, ya que estudiantes que pueden resolver problemas cuantitativos normales (de los que se encuentran al final del capítulo de los libros de texto) a menudo no pueden contestar preguntas cualitativas simples basadas en los mismos conceptos físicos (Mazur, 1997, p. 3).

En definitiva, asumimos que promover las prácticas argumentativas en el aula de clase, conlleva reconocer que la argumentación es una actividad social. Dicha actividad permite, en el estudiante, la cualificación en los usos de lenguajes, el desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y emocionales, la comprensión de los conceptos y teorías estudiadas y la formación como un ser humano crítico, capaz de tomar decisiones como ciudadano (Ruiz, 2015, p. 632).

Teniendo en cuenta lo anterior se originó la pregunta central de este trabajo ¿Cuáles son los niveles argumentativos y su relación con los modelos explicativos del concepto de circuitos eléctricos en los estudiantes de grado once de la Institución Educativa Pablo Emilio Riveros del municipio de Acacias-Meta?

2 JUSTIFICACIÓN

Los estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales propuestos por el Ministerio de Educación Nacional buscan “que los estudiantes desarrollen las habilidades científicas y las actitudes requeridas para explorar fenómenos y para resolver problemas” (Ministerio de Educación Nacional, 2004, p. 3). por medio de los procesos biológicos, físicos y químicos.

Dicha formación debe ser desarrollada desde los primeros ciclos escolares e irse fortaleciendo en el transcurso de la formación académica, de tal forma que un estudiante al llegar al último grado o ciclo de formación haya alcanzado a desarrollar las competencias que le permitan desenvolverse en el ámbito académico y laboral.

En este sentido, el área de conocimiento del entorno ofrece unas posibilidades muy interesantes derivadas de sus propios recursos. Eso sí, unas actividades en las que el estudiantado no se limite a seguir los pasos de una receta, sino que reflexione sobre lo que está realizando, discuta sus resultados con otros compañeros, encuentre las diferencias, afronte y verifique que esto sea compatible con lo que el docente dijo, juegue aprendiendo, en definitiva, que no realice una ficha del libro de texto, descontextualizada y probablemente repetida, en cuanto al contenido, de cursos anteriores.

Por eso se considera necesario que los maestros desarrollen trabajos en el aula, innovadores y llamativos, para complementar las clases y la construcción de conceptos por parte de los estudiantes.

En definitiva, enseñar y aprender ciencias requiere de estrategias basadas en el lenguaje, es decir, el aprendizaje es un proceso social, en el cual las actividades discursivas son esenciales. Se reconoce aquí una estrecha relación entre las competencias comunicativas y el aprendizaje de los modelos científicos y se arriesga la hipótesis de que a una mejora en dichas competencias corresponde un aprendizaje de mayor calidad; y que aprender a pensar es aprender a argumentar (Henaó & Stipcich, 2008, p. 3).

Dando un paso adelante, para hacer de la argumentación y el razonamiento un objeto de enseñanza y de aprendizaje, se busca cambiar y superar la enseñanza tradicional informativa y repetitiva, propiciando nuevos ambientes con la realización de actividades que privilegien la cooperación de los estudiantes en procesos como la justificación y la valoración de ciertas situaciones que mejoren los desempeños de los alumnos en su competencia argumentativa.

En relación con lo anterior la importancia de aprender a argumentar; al tiempo que se reconoce la necesidad de indagar, en primer lugar, cómo los estudiantes elaboran sus argumentos: ¿qué cuenta para ellos como un dato, y qué como conclusión o explicación?, ¿qué tipo de justificaciones utilizan y en qué casos las utilizan?, ¿en cuáles situaciones utilizan modelos, conceptos, leyes o principios disciplinares para justificar sus conclusiones?, ¿qué procesos siguen para argumentar mientras resuelven problemas? y ¿qué niveles epistémicos es posible identificar en sus argumentos escritos?, son entre otras, preguntas clave como punto de partida para enseñar a razonar y a argumentar (Henao & Stipcich, 2008, p. 9).

Por otro lado, desde los planteamientos de la ciencia escolar se considera relevante para formar ciudadanos capaces de tomar decisiones en asuntos públicos relacionados con la ciencia y la tecnología, la principal finalidad de la enseñanza de las ciencias será la de contribuir a una formación democrática y la alfabetización científica, deberá girar en torno a esta formación. (Acevedo, 2004, p. 8).

En esta medida, la presente propuesta de investigación busca dar solución a las dificultades que presentan los estudiantes de grado once de la I. E. Pablo Emilio Riveros del municipio de Acacias-Meta, en el aprendizaje de la Física específicamente, sobre el concepto de circuitos eléctricos, a través de la implementación de una unidad didáctica que potencialice el desarrollo de los procesos argumentativos en ciencias que va a beneficiar a los estudiantes de la Institución Educativa.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los niveles argumentativos y su relación con los modelos explicativos del concepto de circuitos eléctricos en los Estudiantes de grado Once de la Institución Educativa Pablo Emilio Riveros del municipio de Acacias-Meta.

3.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los niveles argumentativos y los modelos explicativos que poseen los estudiantes sobre el concepto de circuitos eléctricos.
- Promover procesos argumentativos mediante el diseño y la implementación de una unidad didáctica sobre los circuitos eléctricos.
- Reconocer los cambios de los niveles argumentativos y su relación con los modelos explicativos después de la aplicación de la unidad didáctica.

CAPÍTULO 2

4 MARCO TEÓRICO

4.1 LA IMPORTANCIA DE LA ARGUMENTACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

La argumentación es una forma de discurso, que debe ser apropiada por los estudiantes y enseñada explícitamente en la clase de ciencias. La alfabetización científica se consigue a partir de la lectura crítica de diferentes fuentes, la participación en debates y la argumentación. Es necesario argumentar en la clase de ciencias porque el discurso ayuda a construir conocimiento científico, promueve la interacción social, desarrolla procesos de pensamiento a través del lenguaje y juega un papel importante en la construcción de explicaciones, modelos y teorías. Una de las principales razones para enseñar argumentación en la clase de ciencias, sostienen Sánchez Mejía (2103), es que los estudiantes deben tener una idea clara de lo que significa la ciencia, especialmente la naturaleza social del conocimiento científico, y para ello se hace necesario que los jóvenes construyan y analicen argumentos científicos con implicación social en el aula, implica motivar en los estudiantes la reflexión sobre sus propios procesos de aprendizaje y sobre la forma en que se estructuran sus conocimientos. El compromiso epistemológico frente a los estudiantes, debe prevalecer más que la crítica sobre las observaciones inconsistentes o irrelevantes de los demás, debe tener en cuenta el poder explicativo que se traduce en cambios conceptuales. (Sanchez, Gonzalez, & García, 2013, p. 17).

4.2 EL LENGUAJE UN ELEMENTO CENTRAL PARA CONSTRUIR Y COMUNICAR CIENCIA

En relación con el aspecto epistemológico, considerar que la argumentación es una de las competencias a desarrollar en el aula de ciencias, exige, entre otras cosas, situarse en una perspectiva epistemológica que dé valor a la crítica y a la argumentación, como acciones indispensables para la construcción tanto del conocimiento científico como de la ciencia escolar. (Ruiz, Tamayo, & Márquez, 2015, p. 632). De igual manera, la argumentación es

una acción que facilita el explicitación de las representaciones internas que tienen los estudiantes sobre los fenómenos estudiados, el aprendizaje de los principios científicos y, a su vez, potencia la comprensión de la actividad cognitiva en sí misma del sujeto al construir la ciencia.

Se debe agregar que, la argumentación es una habilidad cognitiva esencial pero también es una manera de funcionar de nuestra ciencia y tecnología, de nuestra cultura y sociedad. La argumentación juega un papel central en la construcción de explicaciones, modelos, y teorías que los científicos emplean.

En relación con lo conceptual, podemos decir que desarrollar procesos argumentativos en el aula requiere entre otras cosas aceptar la argumentación como: a) proceso dialógico, donde toma relevancia el debate, la crítica, la toma de decisiones, la escucha y el respeto por el saber propio y del otro; b) proceso que promueve en los estudiantes la capacidad para justificar, de manera comprensible, la relación entre datos y afirmaciones y, c) proceso que promueve la capacidad para proponer criterios que ayuden a evaluar las explicaciones y puntos de vista de los sujetos implicados en los debates. Es esta conceptualización lo que invita a que en el aula se trabajen, desde la conformación de grupos de discusión, contenidos que sirvan de pretexto para exteriorizar el razonamiento argumentativo de los estudiantes y, con ello, mostrar que la ciencia, en el aula, es factible de ser co-construida (Ruiz, Tamayo, & Márquez, 2015, p. 632).

En efecto, la ciencia produce principalmente explicaciones acerca de cómo o por qué ocurre un determinado fenómeno, y estas explicaciones son construidas, evaluadas y comunicadas a través de la argumentación. Dicho de otra manera, la argumentación es un proceso dialógico, intelectual y lingüístico mediante el cual los participantes examinan y elaboran afirmaciones acerca de conceptos, situaciones o ideas. Estas afirmaciones son fundamentadas, cuestionadas o refutadas por los participantes a medida que analizan y discuten en conjunto. Para ello, los alumnos usan una serie de estrategias intelectuales tanto para evaluar la integridad lógica de los argumentos expuestos por otros participantes, como también para elaborar refutaciones y contra argumentos.

Por último, en cuanto al aspecto didáctico, se debe reconocer que la construcción de la ciencia escolar, demanda hablar sobre ella, y aquí, el lenguaje es el vehículo que permite intercambiar significados, consensuar, explicar o aclarar inquietudes. Por ello, dar relevancia al lenguaje como mecanismo para co-construir conocimiento, exige poner énfasis en los procesos de interacción dialógica donde la argumentación ocupa un lugar relevante. Son procesos dialógicos que transforman la acción mono lógica y autoritaria del docente en una acción mediadora y promotora de espacios adecuados para la indagación y para las discusiones grupales. En ellos, se permite exponer puntos de vista, criticarlos y, posiblemente, lograr consensos en favor de la construcción de conclusiones más significativas y más comprensibles sobre los fenómenos o temas estudiados. (Ruiz, Tamayo, & Márquez, 2015, p. 632).

En definitiva, una de las principales finalidades de enseñar a argumentar en las clases de ciencias es que el estudiante se implique en la toma de decisiones, que sean coherentes con sus argumentos y, al mismo tiempo, tome conciencia de los procesos implicados en su elaboración. Por tanto, que el conocimiento científico posibilite al alumnado un tipo de participación en la sociedad que no se reduzca a reproducir o consolidar relaciones ya establecidas, sino que promueva plantearse nuevas preguntas y transformar actuaciones.

4.3 ARGUMENTACIÓN, MODELO ARGUMENTATIVO DE TOULMIN Y NIVELES DE ARGUMENTACIÓN

El concepto de argumentación ha sufrido una serie de transformaciones. Para empezar, se hace referencia a los filósofos griegos para quienes la argumentación “(...) era razonar y llevar a cabo inferencias, su objetivo era especialmente convencer, modificar las ideas, las actitudes, las decisiones o incidir en el actuar de uno o varios interlocutores” (Buitrago, 2013, p. 20). En torno a esto, (Platín, 2015) considera la interacción argumentativa de los sofistas como una institución dialéctica. En este sentido, este autor afirma que “la palabra dialéctica tiene múltiples sentidos. Se aplica aquí, y en los estudios de la argumentación en general, a una forma de dialogo razonado, conducido según unas reglas precisas” (Platín, 2015, p. 10). Con esto, podemos interpretar que la argumentación dialéctica reside en una

interacción lingüística, basada u orientada por reglas definidas, que buscan persuadir o sobreponer la concepción de una persona sobre la de su interlocutor. A lo anterior, y para ampliar la concepción de los sofistas, (Buitrago, 2013) agregan que “según su antigua definición, la dialéctica y la retórica son las dos artes del discurso; la primera es un dialogo con reglas claras entre dos participantes y, la segunda, un discurso extenso y continuo” (p. 21).

La argumentación fue tomando autonomía y apartándose de la retórica a partir de 1958, cuando se publicó en Francia el *Traité de l’argumentation*, de Chain Perelman y Lucy Olbrechts-Tyteca. Aquí, el acento está puesto sobre el término argumentación” (Buitrago, 2013, p. 21).

En esta publicación los autores agregan, a la idea de argumentación, la existencia de un lenguaje común. Lo cual, es evidente cuando se afirma que “lo más indispensable para la argumentación es, al parecer, la existencia de un lenguaje común, de una técnica que permita la comunicación” (Perelman, 1989, p. 49). El lenguaje común del que habla el autor puede ser interpretado como el conocimiento o dominio del tema sobre el que se argumenta. Además de esto, Perelman y Olbrechts señalan la importancia, no solo, de la interacción de los individuos, sino también, de la existencia de un contacto intelectual al afirmar que “toda argumentación pretende la adhesión de los individuos y, por tanto, supone la existencia de un contacto intelectual” (Perelman, 1989, p. 48). Esto sugiere la presencia de una actividad intelectual en el acto de argumentar. En relación a lo expuesto se ha concluido que para estos autores “la argumentación es una operación que provoca o acrecienta la adhesión de los espíritus a las tesis que se le presenta a su asentimiento” (Buitrago, 2013, p. 22).

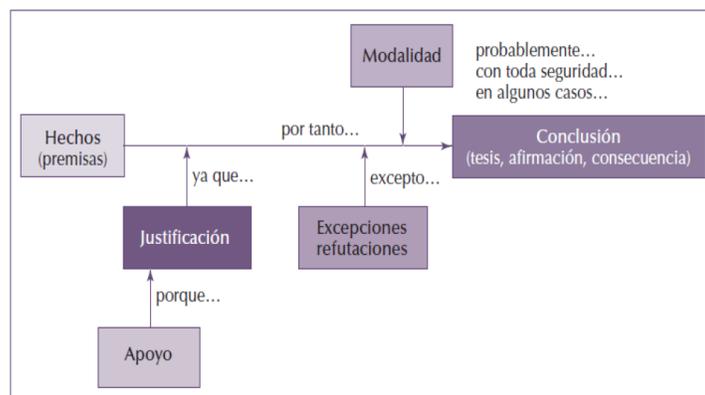
En concordancia con lo anterior, (Driver, 2000) señalan que el campo de estudios de la argumentación se establece cuando esta se separa de la lógica. “Mientras que la lógica es vista como una disciplina académica que presenta reglas descontextualizadas para relacionar premisas y conclusiones, argumentar es una práctica humana que se da en situaciones sociales específicas” (Driver, 2000, p. 290). Los autores plantean una diferencia

fundamental entre la lógica y la argumentación. Ven a la lógica como una disciplina académica con reglas descontextualizadas y tratan a la argumentación, como una actividad humana que se caracteriza por una interacción social.

Para el mismo año de la publicación de Chain Perelman y Lucy Olbrechts-Tyteca, 1958, apareció en Inglaterra una publicación de Toulmin, los usos de la argumentación (Buitrago, 2013). En esta, el autor asemeja a un argumento con un organismo que se compone de dos estructuras “una estructura grande y tosca y otra, por así decirlo, fisiológica y más delicada” (Toulmin, 2007, p. 129). De esta forma, Toulmin describe una estructura macro con la que representa al argumento (ver figura 1) y, dentro de esa estructura, se encuentran “las unidades anatómicas del argumento, sus órganos, por así decirlo” (Toulmin, 2007, p. 129). Visto de esta forma, cada órgano es un elemento fundamental en la existencia o prevalencia del argumento y de su adecuado funcionamiento depende que este cumpla su objetivo.

En la figura 1, se muestra la estructura macro de un argumento, propuesta por Toulmin. A esta estructura se le conoce como modelo argumentativo de Toulmin.

Figura 1 Modelo Argumentativo de Toulmin



Fuente: (Buitrago, 2013, p. 22)

En la figura 1, se puede apreciar que el proceso argumentativo parte de unos datos obtenidos o de unos hechos o fenómenos observados y finaliza con una conclusión. Así las cosas, el proceso intermedio corresponde al acto, al proceso, argumentativo. Esto, en

concordancia con el análisis realizado por (Buitrago, 2013) en el que concluyen que “en el paso que se da entre los datos y la conclusión es donde ocurre el proceso argumentativo, ya que se desarrollan los distintos argumentos” (p. 22 – 23).

El modelo de Toulmin (ver figura 1), es explicado con claridad por (Sardá, 2000) al afirmar que:

Según este modelo, en una argumentación, a partir de unos datos obtenidos o de unos fenómenos observados, justificados de forma relevante en función de razones fundamentadas en el conocimiento científico aceptado, se puede establecer una afirmación o conclusión. Esta afirmación puede tener el apoyo de los calificadores modales y de los refutadores o excepciones (Sardá, 2000, p. 408).

De esta forma, los autores ilustran claramente la función que cumple cada órgano del argumento en el modelo argumentativo de Toulmin. Este modelo, ha sido objeto de estudio en diferentes áreas. Entre los estudios que se han realizado para explicarlo, vale la pena citar el adelantado por (Osborne J. E., 2004), quienes, estudiando ambientes de aprendizaje que favorecieran la enseñanza de la argumentación en ciencias, proponen una escala que permite la calificación de la calidad de la argumentación. Dicha escala consta de cinco niveles que incluyen los elementos definidos en el modelo argumentativo de Toulmin. La *Tabla 1* ilustra dicha escala.

Tabla 1 Niveles de Argumentación propuestos por Erduran, Simon y Osborne (2004)

Nivel	Descripción
1	La argumentación consiste en argumentos que son solo una simple afirmación, dato o conclusión.
2	La argumentación tiene argumentos que constan de afirmaciones o datos y justificaciones, pero sin refutaciones.
3	La argumentación tiene argumentos con una serie de afirmaciones, datos o respaldos y justificaciones con refutación débil ocasional.
4	La argumentación tiene argumentos con una serie de afirmaciones o datos, justificaciones o respaldos y garantías con refutación débil ocasional.
5	Argumentación que manifiesta un amplio argumento con más de una refutación.

Fuente: (Pinochet, 2015, p. 320). Traducida y adaptada de Osborne, Erduran y Simon (2004).

Los niveles argumentativos surgen de la necesidad de ahondar las explicaciones que dan los estudiantes sobre los conceptos científicos en la medida que se van apropiando del lenguaje adecuado que facilite describir, relacionar e interpretar situaciones propias de su contexto, cuando en los escenarios educativos, el debate se reduce a cierto número de estudiantes y al no intercambio de ideas sino a la búsqueda de una respuesta correcta, los argumentos serán simples; es difícil llegar a argumentos de una alta calidad, pues en la mayoría de casos los contraargumentos provienen de los otros, pero estas discusiones requieren que el otro o los otros estén en el mismo nivel de conversación, no que alguien sepa más que otro, o que participe más. Si no se logra llegar a lo anteriormente mencionado, será complicado que los estudiantes lleguen a partir de una pregunta a generar una serie de tesis que puedan o no estar soportadas por garantías las cuales también pueden estar soportadas por datos que pueden ser estadísticos, hechos, ejemplos, etc., y sería una limitación para que los estudiantes lleguen al nivel argumentativo 5 de Osborne, Erduran y Simon.

4.4 PATRÓN DE ARGUMENTO DE TOULMIN

Desde una perspectiva de Toulmin, los argumentos incluyen un reclamo, datos que respaldan el reclamo, garantías que proporcionan un vínculo entre los datos y el reclamo, los respaldos que refuerzan las garantías y las refutaciones que indican las circunstancias bajo las cuales el reclamo no sería cierto. Toulmin también consideró que los calificadores muestran el grado de confianza que se puede depositar en las conclusiones derivadas de los argumentos (Simon, 2016, p. 1).

Cuando Toulmin formuló su modelo argumentativo, nunca hizo alusión a sus potenciales aplicaciones educativas, sus motivaciones eran de índole estrictamente filosófica. Por este motivo, algunos investigadores en educación han considerado necesario modificar o enriquecer el modelo original, para que pueda dar cuenta de manera más adecuada de los fenómenos que ocurren en el aula, por esto, la definición de Toulmin fue utilizada en la investigación llevada a cabo por Osborne, Erduran y Simon como un marco para analizar los componentes de los argumentos que ocurren en el discurso del aula y la calidad de la

argumentación (Erduran, Simon y Osborne 2004, Osborne, Erduran y Simon 2004a, Simon, Erduran y Osborne 2006).

Uno de los aspectos más interesantes del modelo de Toulmin designado habitualmente como TAP por las siglas en inglés de Toulmin's argument pattern que ofrece un potente enfoque para estudiar lo que el filósofo británico denomina argumentos sustantivos, es decir, aquellos que deben ser examinados atendiendo a su contenido.

La aplicación de TAP se basaba en el supuesto de que cuantos más elementos de TAP estaban presentes en el diálogo, mejor era la calidad de la argumentación. Se consideró que las reclamaciones respaldadas por motivos que incluyen datos, garantías y respaldos representan argumentos más complejos y, por lo tanto, más sofisticados. Además, se vio que la argumentación, incluidas las refutaciones, donde se oponían los datos o las órdenes, fomentaba el proceso de justificación y elaboración de pruebas. Estos investigadores no se enfocaron en la naturaleza de los datos, las garantías, etc., ya que su preocupación era usar TAP como un medio para analizar el proceso de argumentación en lugar de evaluar su contenido; su objetivo era mejorar la habilidad de construir argumentos usando evidencia. Sin embargo, dejar sin explorar la naturaleza de la evidencia utilizada para respaldar los reclamos establece una limitación en su definición de calidad (Simon, 2008, p. 4).

De modo que, el modelo también presenta algunas limitaciones. Así, distintos investigadores han descubierto que en ocasiones resulta en extremo difícil, si no imposible, determinar qué cuenta como dato, conclusión, garantía, sustento o refutación, lo que puede generar enormes dificultades si se pretende emitir un juicio acerca de la calidad de un argumento, las debilidades de TAP han conducido a algunos investigadores a formular modelos alternativos con el propósito específico de dar cuenta de diversos aspectos que son característicos del discurso argumentativo en las clases de ciencias.

4.4.1 Desarrollo de TAP: Un Marco de Niveles

Se observa que TAP consiste de seis componentes, tres componentes esenciales: D (Datos), C (Conclusión) y G (garantía), además, un argumento puede volverse bastante complejo, e incluir varios datos, garantías, refutaciones, etc., y también incorpora el sustento (S), el calificador modal (Q) y las condiciones de refutación (R), que, en contadas ocasiones, aparecen juntas para dar forma a una discusión en contextos cotidianos.

Además de esta aplicación de TAP, Erduran, Osborne y Simón generaron un esquema donde la argumentación se evaluó en términos de niveles, lo que ilustró la calidad de la oposición o refutaciones en las discusiones de grupos pequeños de los estudiantes (Erduran, Simón y Osborne, 2004).; Osborne, Erduran y Simón 2004a). La presencia de una refutación fue un indicador significativo de la calidad de la argumentación ya que las refutaciones obligan a los estudiantes a evaluar la validez y la fuerza de los argumentos. La atención se centró en los episodios de diálogo entre estudiantes y estudiantes donde había una clara oposición entre los estudiantes, y la naturaleza de esta oposición se evaluó en términos de la fuerza de las refutaciones ofrecidas. Los argumentos de bajo nivel incluían contraargumentos que no estaban relacionados, los argumentos de nivel superior incluían refutaciones. El marco de niveles (Tabla 1) ideado por estos investigadores se aplicó a los episodios de oposición identificados en los datos registrados en las discusiones de grupos pequeños.

El método de análisis que utiliza este sistema de niveles permitió a los investigadores realizar comparaciones antes y después de la intervención, y para diferentes contextos (ver Osborne, Erduran y Simón 2004a). De esta forma, TAP se usó tanto cualitativamente para identificar niveles como cuantitativamente al hacer tales comparaciones. Aunque el sistema de niveles permitió a los investigadores realizar estas comparaciones en base a supuestos de calidad definidos por TAP, la naturaleza de los fundamentos y las refutaciones permanecieron sin explorar. Por lo tanto, la definición de calidad se limita a la estructura argumental más que al contenido y la solidez de la evidencia. Desde entonces, el sistema de niveles ha sido utilizado por los docentes en su evaluación de la argumentación de los estudiantes tanto en actividades de debate oral como en redacción argumentativa (Simon, 2008, p. 4).

En conclusión la escala propuesta por Osborne, Erduran y Simon, ya ha sido usada por investigadores de distintos países para evaluar los argumentos sobre ciencias desarrollados por estudiantes y profesores, es por esto, que los argumentos de los estudiantes fueron clasificados en cinco categorías, las cuales, según los autores, podrían posibilitar que los estudiantes y profesores de ciencias argumenten y tomen decisiones de manera más reflexiva.

En definitiva, optar por uno u otro enfoque es una cuestión de conveniencia, que marca diferencias de forma y no de fondo, pues más allá del modelo argumentativo utilizado, el objeto de estudio es el mismo: la argumentación en las clases de ciencias; y la meta también es una sola: entregar a los estudiantes una educación científica de calidad.

4.5 LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS: PROPÓSITOS Y PERSPECTIVAS

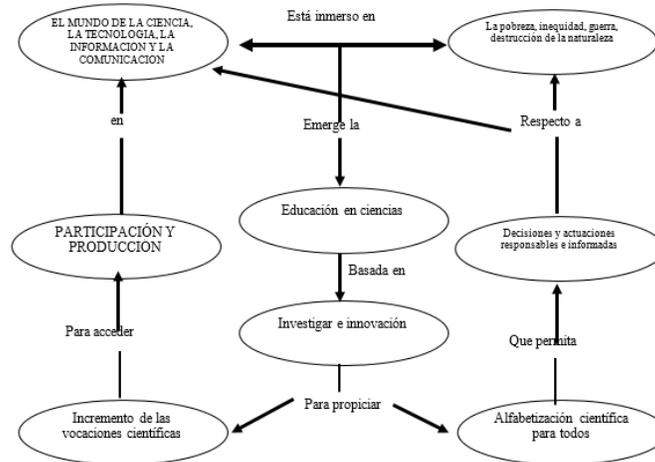
La Educación en Ciencias, o Didáctica de las Ciencias Experimentales, desde hace aproximadamente tres décadas se perfila como un saber que, con base en los conocimientos que devienen, entre otras fuentes, de las ciencias cognitivas, la historia y la epistemología de las ciencias, los estudios antropológicos sobre la construcción de conocimiento científico, las investigaciones del campo de la lingüística, así como del conocimiento práctico de los profesores, busca comprender los procesos de enseñanza y aprendizaje, y fundamentar su innovación y cualificación, tal como es representado en el esquema 1. (Henaó & Stipcich, 2008, p. 47).

Es todo ello una muestra de la realidad actual. A la escuela se le plantea una necesidad de cambio; y al docente, como agente dinamizador de los procesos de enseñanza y aprendizaje, le compete acercar la cultura exterior a la cultura escolar.

La enseñanza es un proceso complejo que suscita diversas preocupaciones, ¿cómo responder a los retos, finalidades y necesidades que se plantean actualmente en la enseñanza de las ciencias?, ¿cuál es la didáctica que caracteriza el complejo proceso de la enseñanza?, Si bien los docentes tienen formación profesional en algún campo disciplinar

de la ciencia, ¿qué debe cambiar el docente en el ejercicio de la práctica?, ¿qué otros saberes requieren para replantear la enseñanza de la ciencia, para que sea pertinente en medio de la realidad actual?

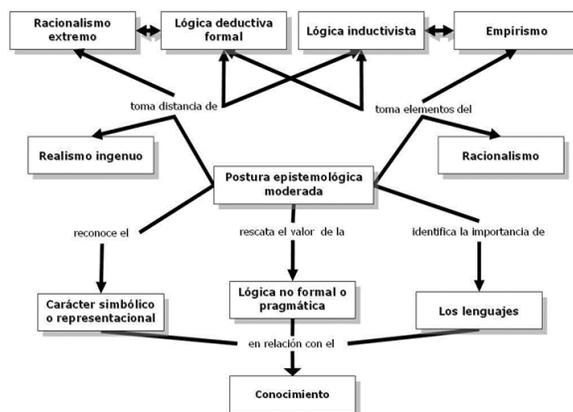
Esquema 1 Pertinencia y propósitos de la educación en ciencias



Fuente: (Hena & Stípcich, 2008, p. 48)

Es posible decir que, al consenso generalizado y actual, en relación con los ideales de la investigación en educación en ciencias, le son subyacentes posturas epistemológicas explícitas en las que, grosso modo, pueden ser identificados los siguientes aspectos: el primero, apartándose de visiones empiristas, se refiere al carácter eminentemente representacional, es decir, simbólico y cultural del conocimiento; el segundo, contra posturas racionalistas, hace alusión a que nuestras formas de razonamiento no adhieren necesariamente a los cánones de la lógica formal; el tercero, intrínsecamente ligado con los anteriores, tiene que ver con la importancia de los lenguajes y, especialmente, de la argumentación en la construcción, justificación y valoración del conocimiento. Posturas epistemológicas que se pueden inscribir en un nivel de moderadas (Adúriz-Bravo, 2005; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003), en tanto configuran una imagen de las ciencias que permite destacar sus aspectos sociales y humanos, sin perder de vista los cánones que las rigen, sus logros y sus limitaciones, tal como sugiere el esquema 2.

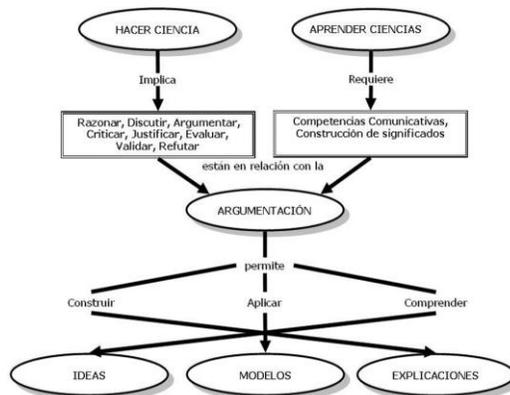
Esquema 2 Implicaciones de una postura epistemológica moderada



Fuente: (Henao & Stipcich, 2008, p. 49)

Desde este punto de vista, cobra relevancia especial la argumentación. De un lado, hacer ciencia implica discutir, razonar, argumentar, criticar y justificar ideas y explicaciones; y, de otro, enseñar y aprender ciencias requiere de estrategias basadas en el lenguaje, es decir, el aprendizaje es un proceso social, en el cual las actividades discursivas son esenciales. Se reconoce aquí una estrecha relación entre las competencias comunicativas y el aprendizaje de los modelos científicos y se arriesga la hipótesis de que a una mejora en dichas competencias corresponde un aprendizaje de mayor calidad; y que aprender a pensar es aprender a argumentar.

Esquema 3 Nueva propuesta



Fuente: (Henao & Stipcich, 2008, p. 50)

De ahí que, como perspectivas nos proponemos potenciar las competencias argumentativas y los debates del alumnado sobre temas CTS en las clases de física mediante la elaboración de materiales que tengan en cuenta este enfoque de la enseñanza de esta materia. Un aspecto que debe mejorarse, en la argumentación de los alumnos, es conseguir que fundamenten sus razones o argumentos científicamente, ya que suelen hacerlo mediante las reglas lógicas del sentido común y es poco habitual que utilicen los conocimientos aprendidos en las clases de física.

4.5.1 Modelos en la Enseñanza de las Ciencias

Si consideramos que las ideas iniciales de los estudiantes son distintas y que sus procesos de razonamientos son personales y diferentes para cada uno de ellos, no se puede esperar que todos ellos desarrollen el mismo modelo y de la misma forma, por ello, la enseñanza en ciencias se debe fundamentar en modelos y en el proceso de construcción de modelos, por lo que el aprendizaje es un proceso gradual, y la construcción de modelos constituye los cimientos del mismo.

En esta misma línea de investigación en la enseñanza de las ciencias, que propende por una formación desde la argumentación y que tiene como fundamentos explorar, desarrollar y modificar las ideas o los conocimientos previos de los estudiantes, se encuentra la propuesta teórica sobre la elaboración de modelos, desarrollada por (Greca, 1998), Johnson-Laird (1983), (Justi, 2006), entre otros autores, y antes de describir sus aspectos centrales, se explican algunos conceptos que articulan dicha propuesta: Modelos, modelos mentales y modelos conceptuales; para comprender su articulación desde la enseñanza.

4.5.2 Concepto de Modelo

Según Gilbert y otros (2000), el punto de vista más aceptado consiste en asumir un modelo como una representación de una idea, objeto, acontecimiento, proceso o sistema, creado con un objetivo específico. De acuerdo con esto, existen diferentes formas de representar un modelo desde la enseñanza de la física: Mediante gráficos, maquetas, simulaciones,

analogías, expresiones matemáticas, argumentos (verbales o escritos), entre otras. Este tipo de representaciones pueden ser utilizadas, tal y como afirma (Justi, 2006) para:

“Simplificar fenómenos complejos; ayudar en la visualización de entidades abstractas; servir de apoyo en la interpretación de resultados experimentales; servir también de ayuda en la elaboración de explicaciones y en la propuesta de previsiones” (Ariza M.R. & Quesada, 2016, pág. 945)

Bajo estas consideraciones, se identifica la importancia de considerar los procesos argumentativos en el aula de clase, pues de acuerdo con Romero y Rodríguez (2003), los modelos representan el núcleo del conocimiento científico y, nuestro conocimiento de lo que llamamos mundo exterior, depende de nuestra habilidad para construir modelos de él.

En la actualidad, el interés central en el estudio de los modelos ocupa una principal comprensión del proceso de su construcción y transformación. Para ello, se pide una mejor comprensión de los procesos mediante los cuales construimos representaciones y de cómo éstas pueden ser usadas por los sujetos para su razonamiento; el desconocimiento de estos aspectos nos puede llevar a enfrentarnos con diferentes obstáculos en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

4.5.3 Modelos Mentales

Moreira y otros (2002), expresan que, para entender un sistema físico o un fenómeno natural, es necesario tener un modelo mental del sistema que le permita a la persona que lo construye explicarlo y hacer previsiones con respecto a él, de esta forma, los modelos mentales son representaciones que se elaboran para intentar comprender, explicar y predecir los sistemas físicos. (Moreira, 2002, p. 1).

Igualmente, desde la teoría de modelos expuesta por Johnson-Laird (1983) y retomada por Greca, “se expresa que los modelos mentales son representaciones analógicas de la realidad

y constituyen el conocimiento previo, con el cual, los estudiantes llegan al aula de clase” (Greca & Moreira, 1998, p. 110).

Estos modelos expresados son particulares, incompletos, cualitativos, inconsistentes con los modelos científicamente consensuados y no precisan ser consistentes entre ellos; aunque, pueden ser básicamente funcionales desde la cotidianidad.

4.5.4 Modelos Conceptuales

Siguiendo estas descripciones, (Greca, 1998) “señalan que un modelo conceptual, se puede entender como una representación externa, creada por investigadores, profesores, ingenieros, etc., para facilitar la comprensión o la enseñanza de sistemas o estados de cosas del mundo” (Greca & Moreira, 1998, p. 112).

Así mismo, Moreira (1997) “concibe estos modelos como representaciones simplificadas, precisas y completas, de objetos, fenómenos o situaciones reales, consistentes con el conocimiento científicamente compartido, que pueden materializarse tanto en la forma de formulaciones matemáticas, analogías o en artefactos materiales” (Greca & Moreira, 1998, p. 112-113).

Es mediante los modelos que la teoría se va precisando, ya que implican hipótesis, leyes y hasta teorías distintas. Las teorías se prueban mediante modelos, es por esto, que los científicos idea modelos teóricos que intentan describir y explicar las características esenciales de alguna clase específica de hechos.

4.6 IMPLICACIONES DE LA TEORÍA DE MODELOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

De acuerdo con lo expresado, los modelos mentales elaborados por los estudiantes son incompletos y van siendo ampliados y/o modificados a medida que se generan espacios para tal propósito, considerando que este proceso no es el producto de la transmisión de significados, sino una consecuencia de la evolución cognitiva que resulta de la interacción

entre los modelos mentales del estudiante y los modelos conceptuales según afirman Oliva y Aragón (2006).

En dicho proceso, los estudiantes elaboran representaciones mentales (modelos mentales), para comprender los fenómenos físicos y constituirse así, en el conocimiento previo con el cual llegan al aula de clase. Allí le son presentados los modelos conceptuales, a partir de los cuales tienen varias posibilidades. Según Moreira et al. (1998a), una de estas posibilidades es intentar interpretar dichos modelos conceptuales de acuerdo al conocimiento que tienen, generando “modelos híbridos”, otra es memorizarlos con el único propósito de aprobar las evaluaciones, una tercera, y al parecer la más remota, pero al mismo tiempo la ideal, es formar modelos mentales consistentes con las explicaciones científicamente consensuadas.

Respecto a esto último, no es posible suponer que los estudiantes puedan construir modelos mentales que sean copias de los modelos conceptuales que le son presentados, ni mucho menos, deberá tenerse por objetivo, lograr que los estudiantes piensen y procedan como científicos. Por el contrario, es importante darles la posibilidad a los estudiantes de comprender aspectos esenciales de la naturaleza del conocimiento científico, de pensar sobre los propósitos de las ciencias (cursivas nuestras), de poder formular preguntas más críticas y atinadas, de proponer explicaciones y previsiones, y de evaluar el modelo propuesto para obtener informaciones que puedan ayudar en la reformulación del mismo (Justi, 2006, p. 3).

Se trata pues, de tener presente tal y como afirman (Greca, 1998), que la capacidad de comprender una teoría estará determinada por la capacidad del estudiante para formar modelos, que incluyan las relaciones fundamentales de la teoría y de los cuales sea posible extraer explicaciones y predicciones, que estén de acuerdo con las concepciones científicamente compartidas.

Por otra parte, Hodson (1994) plantea que la enseñanza de las ciencias debe tener como objetivo poner al estudiante en condición de aprender ciencias, aprender sobre las ciencias y aprender a hacer ciencias.

Con base en esto, (Justi, 2006) propone los siguientes argumentos que justifican el papel que los modelos deben desempeñar en la enseñanza de las ciencias:

- Aprender ciencias, los estudiantes deben tener conocimientos sobre la naturaleza, ámbito de aplicación y limitaciones de los principales modelos científicos (ya sean estos consensuados, es decir, aceptados actualmente por la comunidad científica, o bien aquéllos que hayan sido aceptados en un determinado contexto).
- Aprender sobre ciencias, los estudiantes deben comprender adecuadamente la naturaleza de los modelos y ser capaces de evaluar el papel de los mismos en el desarrollo y difusión de los resultados de la indagación científica.
- Aprender a hacer ciencias, los estudiantes deben ser capaces de crear, expresar, comprobar y justificar sus propios modelos.

Lo anterior significa, según Justi y Gilbert (2003), “que la construcción de modelos es una actividad con mucho potencial para implicar a los estudiantes en hacer ciencias, pensar sobre las ciencias y desarrollar pensamiento científico y crítico” (p.178). De esta forma, las ciencias dejarían de ser algo que se lee en los libros, para transformarse en una actividad mediante la cual los fenómenos se estudian de forma activa, en una atmósfera de cooperación participativa, con más tiempo y recursos compatibles.

Igualmente, la enseñanza orientada a partir de la construcción de modelos debe posibilitar, siguiendo a esta autora, que los estudiantes identifiquen los alcances y limitaciones de sus modelos construidos, desarrollen formas de pensar, expresar y explicar los fenómenos físicos, y participen en discusiones que permitan un acercamiento a su naturaleza e historia. Esto implica, según (Henaó, 2008), hacer de las clases de ciencias un espacio para formar en la autonomía intelectual, es decir, un espacio para preguntar, discutir, criticar y disentir; el lugar en el cual los estudiantes además de expresar y argumentar sus ideas en forma adecuada, hagan uso de los discursos y de los modelos explicativos de las disciplinas científicas.

4.7 UN RECORRIDO A TRAVÉS DEL ESTUDIO SOBRE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

El descubrimiento del circuito eléctrico está íntimamente ligado al propio desarrollo de los conocimientos sobre el fenómeno de la electricidad. Mientras la electricidad en su forma estática era todavía considerada poco más que un espectáculo de salón, las primeras aproximaciones científicas al fenómeno y a su capacidad para ser conducida por algún medio físico fueron hechas sistemáticamente por acuciosos investigadores durante los siglos XVII y XVIII.

William Gilbert, hacia el año 1600, definió el término de fuerza eléctrica como “*el fenómeno de atracción que se producía al frotar ciertas sustancias*”. A través de sus experiencias clasificó los materiales en conductores y aislantes e ideó el primer electroscopio,

Otto von Guericke, ideó la primera máquina electrostática y sacó chispas de un globo hecho de azufre. Esta máquina consistía en una bola de azufre (aislador) que hacía girar con una mano y frotaba con la otra. La esfera podía mantener una gran cantidad de carga y se la podía descargar acercándole el extremo de un conductor. (Te, 2011, p. 1).

Charles François de Cisternay du Fay (París, 1698 – 1739), observó que una lámina de oro siempre era repelida por una barra de vidrio electrificada. Demostró que la electrificación del extremo de una cuerda mojada se transmite casi instantáneamente al otro extremo, a pesar de que sería muy largo (1200 pies). (Alain Garric, 2016)

William Watson, publicó sus trabajos en 1733 siendo el primero en identificar la existencia de dos tipos de cargas eléctricas carga vitria y carga resinosa. Llegando a la conclusión de que estaban compuestas por una gran cantidad de carga positiva y una carga negativa, muy disminuida, combinación, que denominó como: Éter eléctrico. (Escolares.net, 2015)

Pieter van Musschenbroek, a partir de 1740 realizó varios experimentos sobre la electricidad. Fue descubierta la botella de Leyden, se basó en una botella de vidrio, en su

interior una parte de agua, y un corcho tapando la boca del envase. *A su vez, el corcho fue atravesado por un cable cuyo extremo inferior estaba en contacto con el agua. Al adherir el cable a una fuente de energía estática, la botella adquiriría la carga. Mientras que al conectar el borne central a un punto de potencial cero, se descargaba.*

(Forohistorico.coit.es, 2015, p. 1)

Sir William Watson (Londres, 3 de abril 1715 - 10 de mayo 1787), Realizó reformas en la botella de Leyden agregándole una cobertura de metal, descubriendo que de esta forma se incrementaba la descarga eléctrica, experimentó con la botella Leyden, descubriendo que una descarga de electricidad estática es equivalente a una corriente eléctrica.

Luigi Galvani, quien a partir aproximadamente de 1780 comenzó a incluir en sus conferencias pequeños experimentos prácticos que demostraban a los estudiantes la naturaleza y propiedades de la electricidad. Mediante repetidos y consecuentes experimentos, Galvani se convenció de que lo que se veía eran los resultados de lo que llamó “electricidad animal”. *Galvani identificó a la electricidad animal con la fuerza vital que animaba los músculos de la rana, e invitó a sus colegas a que reprodujeran y confirmaran lo que hizo.* (Alef.mx, 2016)

Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (18 de febrero de 1745 – 5 de marzo de 1827) logró construir la primera pila eléctrica, revolucionó el uso de la electricidad y dio al mundo uno de sus mayores beneficios, el control de la circulación de una corriente eléctrica.

Georg Simón Ohm quien sentará las bases del estudio de la circulación de las cargas eléctricas en el interior de materias conductoras y formula la ley que relaciona las tres magnitudes más importantes: voltaje, intensidad y resistencia.

4.8 EL DESARROLLO DE LA ELECTRODINÁMICA Y EL CONCEPTO ACTUAL DE FUERZA ELECTROMOTRIZ

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” 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. (Guisasola, 2008, p. 1064).

Así mismo, la teoría de Ohm hace de la cantidad de electricidad la variable crítica, haciendo descansar sobre la densidad superficial de carga (fuerza electroscópica) 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. El modelo de Ohm se encontraba situado en el Paradigma electrostático (Guisasola, 2008, p. 1064).

Después Kirchhoff aborda el estudio de las leyes de Ohm, alrededor de 1847 cuando el electromagnetismo está mucho más elaborado y las distancias entre electricidad y galvanismo se han reducido, (Guisasola, Montero & Fernández, 2008). tras el análisis de los trabajos de Ohm sobre la conducción y la identificación de la fuerza electroscópica de Ohm con la diferencia de potencial. Esta identificación solo fue posible desde el cambio que supuso la introducción del concepto de energía, esta nueva perspectiva permite la interpretación global macroscópica de los circuitos eléctricos.

A partir de esto, los modelos explicativos sobre la corriente eléctrica recibieron nuevos impulsos con la teoría de campo iniciada por Faraday y fundamentada posteriormente por Maxwell en 1865. Este marco conceptual permite desarrollar el concepto de energía asociada al campo, ya sea éste conservativo (energía potencial) o no conservativo (Fuerza

electromotriz en el caso de la pila en circuitos de corriente continua) (Guisasola, 2008, p. 1064).

A partir, de este modelo energético y de campo donde actualmente definimos los conceptos de potencial eléctrico y fuerza electromotriz, conceptos epistemológicamente relacionados pero distintos, puesto que, una de las formas de generar diferencia de potencial consiste en separar cargas de distinto signo en una zona del espacio (fuerza electromotriz) y crea una diferencia de potencial, en el caso de un circuito de corriente continua; esta función la realiza la pila, generando corriente eléctrica en un circuito dentro de un modelo funcional (modelo de Kirchhoff).

4.8.1 Definición Actual de Fuerza Electromotriz para Circuitos de Corriente Continúa

Vamos a limitar nuestras definiciones al caso de circuitos eléctricos de corriente continua estacionaria, es decir, constituidos por una pila, cables de conducción y resistencias. Para estas configuraciones la FEM mide la energía que la pila suministra a la unidad de carga que atraviesa cualquier sección del circuito. Este tipo de proceso realizado en la pila suele consistir en una serie de reacciones químicas que de manera general podemos llamar “acciones no conservativas”. La fuerza electromotriz, en el caso de la pila, es 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. Si aplicamos la definición de FEM como el trabajo necesario sobre la unidad de carga para describir una línea cerrada (circuito) obtenemos la definición operativa de fuerza electromotriz. (Guisasola, 2008, p. 1604).

En conclusión, la magnitud que cuantifica una transferencia de energía (de la pila a las cargas del circuito) asociada a un campo no conservativo, se conoce como fuerza electromotriz.

A continuación, en la tabla 2 encontramos las principales ideas de los diferentes modelos explicativos de la pila en un circuito sencillo de corriente continua.

Tabla 2 Diferentes Modelos Explicativos de la PILA en un Circuito Sencillo de Corriente Continua

Hechos experimentales en relación con la función de la pila en un circuito	Modelo de Volta	Modelo Coulombiano	Modelo de Ohm
<p>- Pila de Volta I</p> <p>Al poner en contacto dos metales diferentes a través de un “conductor húmedo” se encuentra que cada uno de ellos adquiere una carga neta y opuesta en signo</p>	<p>La ‘fuerza electromotriz’ de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas</p>	<p>La fuerza electromotriz de la pila no es otra cosa que la capacidad que tienen algunos cuerpos de generar electricidad en otros</p>	<p>Noción de ‘fuerza electroscópica’, relacionada con la densidad superficial de c</p>
<p>Electricidad y cuerpos I</p>	<p>Magnitud cualitativa.</p>	<p>Magnitud cuantitativa.</p>	<p>Magnitud cuantitativa.</p>
<p>Cargados</p>	<p>Fluido eléctrico</p>	<p>Fluido eléctrico</p>	<p>Fluido eléctrico</p>
<p>- Corriente eléctrica I en un circuito</p>	<p>No se sabe medir</p>	<p>No se sabe medir</p>	<p>La corriente se debe a diferencia entre dos puntos de valores ‘fuerza electroscópica’</p>
<p>Circuitos eléctricos I rudimentarios de corriente continua</p>	<p>Noción de circuito cerrado</p>	<p>Cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen a través de un conductor que los une</p>	<p>Analogía con la teoría del calor de Fourier.</p> <p>La corriente eléctrica circula por el circuito debido a la diferencia entre los valores de ‘fuerza electroscópica’ (densidad superficial de carga) entre dos puntos del mismo</p>

Fuente: (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 1604).

4.9 Elementos de un Circuito Eléctrico

1. Se pueden identificar fácilmente los siguientes elementos que constituyen un circuito eléctrico (Profesor en Línea, 2015):
2. un aporte o fuente de energía eléctrica, como la pila en la linterna o el enchufe en la instalación doméstica.
3. Un material metálico que permita la circulación de la corriente eléctrica, desde la fuente hasta el elemento receptor, los cables o lengüetas metálicas.
4. Un receptor, que absorbe la energía eléctrica y la convierte en energía luminosa; es la bombilla o ampolleta en ambos casos.

En un circuito elemental, destacan los siguientes constituyentes básicos:

- a) Fuente de energía eléctrica, que se recibe en los hogares a partir de la red de distribución.
- b) Conductores que la transportan desde la fuente hasta el elemento receptor, en este caso la lámpara.
- c) Elemento Receptor que absorbe la energía eléctrica y la transforma en otra manifestación energética aprovechable, en este caso en energía luminosa.
- d) Interruptor o elemento de control, que permite actuar sobre el funcionamiento del circuito.

Todos los elementos de los circuitos eléctricos suelen ser representados por medio de símbolos, que son reconocidos mundialmente y que permiten simplificar el proceso de diagramación de un circuito.

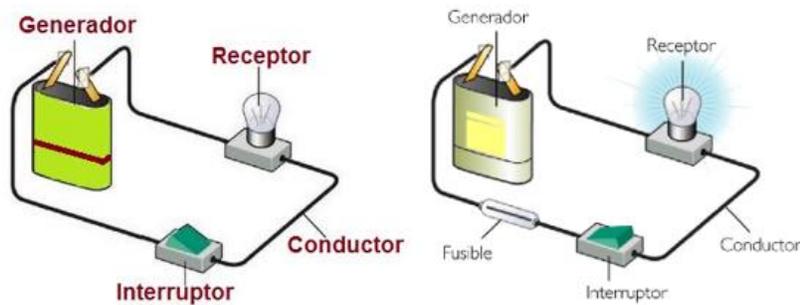
Tabla 3 Elementos de un Circuito Eléctrico

Elemento	Símbolo
Conductor	—
Pila	— —
Resistencia	—  —
Interruptor abierto	—  —
Interruptor cerrado	—  —
Motor	—  —
Generador	—  —
Amperímetro	—  —
Voltímetro	—  —

Fuente: (Ballén, 2011, p.195).

Para que un circuito funcione es necesario crear un camino por el cual los electrones puedan circular. Cuando esto ocurre se dice que el circuito está cerrado. Si se desconecta el interruptor o alguno de los cables la corriente deja de fluir y se dice que el circuito está abierto.

Figura 2 Circuito Cerrado y Circuito Abierto



Fuente: (Soneira, 2016) Fuente: (Thais, 2010)

4.9.1 Tipos de Circuitos Eléctricos

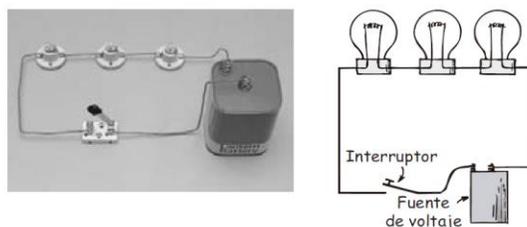
En el ámbito internacional se encontró un libro titulado “*Física conceptual, Paul G. Hewitt*” donde define tipos de circuitos eléctricos.

4.9.2 Circuitos en Serie

Tres bombillas se conectan en serie con una batería. Cuando se cierra el interruptor casi de inmediato se establece la misma corriente en las tres bombillas. Cuanto mayor sea la corriente en una lámpara, mayor será su luminosidad. Los electrones no se “acumulan” en cualquier lámpara, pero fluye a través de cada lámpara simultáneamente. Algunos electrones se alejan de la terminal negativa de la batería, y algunos se acercan a la terminal positiva, mientras que otros más atraviesan el filamento de cada bombilla. Al final los electrones recorren todo el circuito (pasa la misma cantidad de corriente por la batería). Es el único camino de los electrones en el circuito. Una interrupción en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, y cesa el paso de los electrones. Si se funde un filamento de una bombilla, o simplemente si se abre el interruptor, se puede causar esa interrupción.

El circuito de la figura 3 ilustra las siguientes características importantes de una conexión en serie:

Figura 3 Un circuito en Serie Sencillo. La Batería de 6V Suministra 2V a través de cada Bombilla



Fuente: (Hewitt, 2007, p.448).

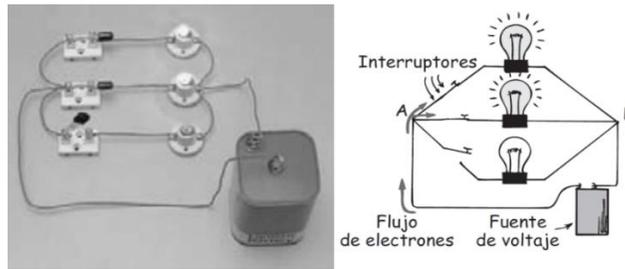
Corriente eléctrica sólo tiene una ruta a través del circuito. Eso significa que la corriente que pasa por la resistencia de cada dispositivo eléctrico a lo largo de la trayectoria es la misma.

1. A esta corriente se opone la resistencia del primer dispositivo, la del segundo, la del tercero, etcétera. Entonces, la resistencia total al paso de la corriente por el circuito es igual a la suma de las resistencias individuales a lo largo de la trayectoria por el circuito.
2. La corriente en el circuito es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito. Esto es congruente con la ley de Ohm.
3. El voltaje total aplicado a través de un circuito en serie se divide entre los dispositivos o componentes eléctricos individuales del circuito, de tal manera que la suma de las “caídas de voltaje” a través de cada componente sea igual al voltaje total suministrado por la fuente. Esto es consecuencia de que la cantidad de energía suministrada a la corriente total es igual a la suma de las energías suministradas para cada dispositivo eléctrico.
4. La caída de voltaje a través de cada dispositivo es proporcional a su resistencia: también la ley de Ohm se aplica por separado a cada dispositivo. Esto es consecuencia del hecho de que se use más energía para mover una unidad de carga a través de una resistencia grande que en una resistencia pequeña.

4.9.3 Circuitos en Paralelo

En la figura 4 se ve un circuito en paralelo sencillo. Hay tres bombillas conectadas con los mismos dos puntos A y B. Se dice que los dispositivos eléctricos conectados con los dos mismos puntos de un circuito eléctrico están conectados en paralelo. El trayecto de la corriente de una terminal de la batería a la otra se completa si sólo una bombilla está encendida. En esta ilustración, el circuito se ramifica en las tres trayectorias separadas de A a B. Una interrupción en cualesquiera de las trayectorias no interrumpe el flujo de cargas en las otras trayectorias. Cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás.

Figura 4 Un Circuito en Paralelo Sencillo. Una Batería de 6V Suministra 6V a través de cada Bombilla



Fuente: (Hewitt, 2007, p.450).

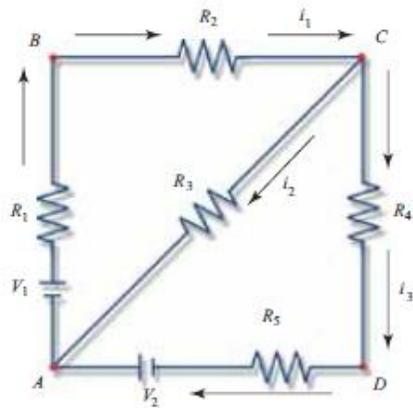
El circuito de la figura 4 ilustra las siguientes características principales de las conexiones en paralelo:

1. Cada dispositivo conecta los mismos dos puntos A y B del circuito. En consecuencia, el voltaje es igual a través de cada dispositivo.
2. La corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo. Como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley de Ohm se aplica por separado a cada ramal.
3. La corriente total en el circuito es igual a la suma de las corrientes en sus ramas paralelas. Esta suma es igual a la corriente en la batería o a otra fuente de voltaje.
4. A medida que aumenta la cantidad de ramas en paralelo, disminuye la resistencia total del circuito. La resistencia total baja con cada trayectoria que se agregue entre dos puntos cualesquiera del circuito. Esto significa que la resistencia total del circuito es menor que la resistencia de cualquier rama individual.

4.9.4 Las Leyes de Kirchhoff

Para resolver circuitos más complejos como el que se observa en la siguiente figura, ya no es suficiente la ley de Ohm. Por tal razón se recurre, a dos leyes muy prácticas que propuso Kirchhoff, a mediados del siglo XIX.

Figura 5 Leyes de Kirchhoff



Fuente: (Ballén, 2011, p.199).

La primera ley, denominada la ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores, como ocurre en los puntos A y C. Kirchhoff en esta ley afirma que: en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen, es decir:

$$i_1 = i_2 = i_3$$

La segunda ley, denominada ley de la malla o regla de los circuitos, se utiliza para considerar aquellas trayectorias cerradas, como ABCA, CDAC o ABCDA. Kirchhoff afirma en esta ley que: la suma algebraica de los cambios de potencial en torno a cualquier trayectoria cerrada de una malla debe ser cero.

Estas trayectorias cerradas se pueden comparar con el campo gravitacional, por ejemplo, si se lanza una pelota verticalmente hacia arriba, esta gana energía potencial a medida que sube, pero pierde su energía cinética. Posteriormente, desciende perdiendo energía potencial hasta alcanzar su posición inicial. La diferencia de energía potencial al empezar y terminar la trayectoria es cero al igual que si una carga de prueba recorre todo el circuito y llega a la misma posición, su diferencia de potencial es cero.

Al aplicar esta ley en varias mallas, es necesario optar siempre por el mismo sentido, ya sea positivo o negativo.

Para resolver un circuito mediante las reglas de Kirchhoff, es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Darle un sentido de forma arbitraria a la corriente que pasa por cada rama del circuito.
- Usar siempre el mismo sentido al recorrer las trayectorias cerradas.
- Determinar por medio de las reglas de Kirchhoff, el mismo número de ecuaciones que de incógnitas.

4.10 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EN EL APRENDIZAJE SOBRE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

La mayoría de los estudiantes continúa considerando la electricidad como un tema difícil y poco atractivo. En concreto, las relaciones entre electrostática y electrocinética en cursos de introducción de física, en bachillerato y primeros cursos de universidad, constituyen un problema didáctico que implica a conceptos como carga eléctrica, campo eléctrico, diferencia de potencial, intensidad de corriente y capacidad eléctrica, que se encuentran relacionados y son utilizados en contextos tanto estáticos (electrostática) como dinámicos (corriente eléctrica) (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 177).

Como se ha mencionado en el planteamiento del problema, los estudiantes presentan unos obstáculos en el aprendizaje relacionados con los conceptos electrocinéticos, utilizados para explicar los fenómenos que suceden en los circuitos eléctricos, además, se muestran las dificultades históricas que surgieron al intentar explicar los circuitos eléctricos voltaicos, únicamente a través de los conceptos de electrostática de la época. Así, realizan una comparación con las dificultades de los estudiantes para interpretar circuitos eléctricos sencillos y utilizar conceptos clave, que son empleados tanto en electrostática como en electrocinética (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 177).

Por tanto, las dificultades de aprendizaje detectadas en electrostática se extienden a los circuitos eléctricos sencillos de corriente continua. Diversas investigaciones confirman la carencia de significado que tienen, para una gran mayoría de estudiantes, términos como potencial y diferencia de potencial, apareciendo, con frecuencia, como conceptos aislados e indefinidos. Al hilo de ello, las investigaciones muestran que el concepto de diferencia de potencial aparece como un concepto cautivo del de carga y, por tanto, sin entidad propia (sin carga, no hay diferencia de potencial), (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 177).

Dado que estas confusiones son debidas a que los fenómenos de tipo eléctrico sólo se observan a través de sus efectos, y ello induce a los estudiantes a utilizar un razonamiento incorrecto cuando consideran que el voltaje es una consecuencia de que la corriente circule y no precisamente su causa. Habría que decir también, que los alumnos establecen una cierta jerarquización de las magnitudes físicas y utilizan únicamente aquellas que perciben como más sencillas, accesibles o intuitivas.

En definitiva, “las relaciones entre los conceptos estudiados en contextos electrostáticos y electrocinéticos se revelan como particularmente difíciles para los estudiantes, y como un obstáculo importante en la construcción de un modelo científico que explique los circuitos sencillos de corriente continua” (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 177).

4.11 LA ENSEÑANZA DE LOS FUNDAMENTOS SOBRE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN LIBROS DE TEXTO

Los libros de texto constituyen un referente importante en el análisis de las prácticas de enseñanza – aprendizaje de los conceptos, puesto que es la herramienta fundamental de consulta de muchos docentes para orientar sus actividades dentro y fuera del aula. Por esta razón se revisan algunos textos utilizados en los ambientes académicos, a fin de identificar como presentan los conceptos asociados a la electricidad. Los textos son los siguientes:

- Física Conceptual. Hewitt, P. Editorial Pearson, Décima edición, 2007.

- Física General con experimentos sencillos. Máximo, A y Alvarenga B. Oxford, Cuarta edición, 1998.
- Hipertexto Santillana Física 2. Romero Medina Olga Lucía, Bautista Ballén Mauricio. Editorial Santillana. 2011.

Los resultados de la revisión se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4: Comparación de Textos

Física Conceptual. Hewitt, P. Editorial Pearson, Décima edición, 2007.	En el texto se aborda en cada capítulo una introducción, seguidamente se dan los conceptos con unas preguntas de “Exáminate” y más abajo encuentras “Comprueba tus respuestas”, al final del capítulo se puede evidenciar un resumen de términos, lecturas sugeridas, preguntas de repaso, proyectos, ejercicios y problemas. En el capítulo 23 se dan a conocer los conceptos: Corriente eléctrica, donde se empiezan con los conceptos sobre flujo de carga, corriente eléctrica, fuentes de voltaje, resistencia eléctrica, ley de Ohm, ley de Ohm y choques eléctricos, corriente directa y corriente alterna, conversión de Ca a Cd, rapidez y fuente de electrones en un circuito, potencia eléctrica, circuitos eléctricos, circuitos en serie y paralelo, circuitos en paralelo y sobrecarga, fusibles de seguridad.
Física General con experimentos sencillos. Máximo, A y Alvarenga B. Oxford, Cuarta edición, 1998.	En libro se aborda primero una introducción del capítulo, seguidamente se dan a conocer los conceptos acompañados de ejercicios sobre preguntas de la sección, como algunos comentarios, al final del capítulo encontramos un tema especial (para aprender más), seguido de unas preguntas de repaso, experimentos sencillos, preguntas y problemas y un cuestionario con preguntas de selección múltiple y por último problemas complementarios y sus respuestas. En la Unidad IX: Electrodinámica-Corriente y circuitos eléctricos, capítulo 21 se abordan los conceptos sobre corriente eléctrica (continua y alterna), circuitos simples de CC, resistencia eléctrica, la ley de Ohm, conexión de resistores (o resistencias), instrumentos eléctricos de medición, potencia en un elemento del circuito.
Hipertexto Santillana Física 2. Romero Medina Olga Lucía, Bautista Ballén Mauricio. Editorial Santillana. 2011.	El libro está organizado por unidades y temas, en la unidad seis se abordan los temas sobre corriente eléctrica y circuitos eléctricos. Los autores presentan unas páginas iniciales al comienzo de cada unidad, donde encontrarás una doble página de apertura con los temas que vas a trabajar, una lectura relacionada con los contenidos y algunas preguntas sobre ella, una página de contenido donde encontrarás las ideas fundamentales del tema con ejemplos resueltos, que explican el procedimiento que se debe realizar paso a paso, además contiene actividades con ejercicios enfocadas a desarrollar competencias, utilizando el método comprender para aprender. También se encuentra algunas secciones especiales de Ciencia + Tecnología donde se informa sobre algunos elementos, procesos y avances tecnológicos, su funcionamiento y la manera como estos influyen en la sociedad y prácticas de laboratorio. En la unidad 6: Cargas eléctricas en movimiento se abordan los conceptos sobre la corriente eléctrica, efectos que produce la corriente eléctrica, la intensidad de corriente, fuentes de voltaje, sentido de la corriente, fuerza electromotriz, generadores eléctricos, medida de la corriente y el voltaje, resistencia eléctrica, resistividad de un material, la ley de Ohm, asociación de resistencias, resistencias en serie y paralelo, corriente continua y corriente alterna, el circuito eléctrico, energía en los circuitos, potencia

elétrica, el efecto Joule, la resistencia interna en las fuentes de voltaje, las leyes de Kirchhoff, la electricidad en casa.

Fuente: Propia

En términos generales, la secuencia utilizada por los libros de texto es presentar los conceptos distribuidos en varios capítulos o temas. En cuanto a la metodología es muy similar en todos los textos y consiste primero en recrear con ejemplos y analogías los conceptos para definirlos, luego expresan su significado desde el punto de vista matemático y cierran con ejercicios de aplicación. Con excepción del libro de Máximo y Alvarenga la historia es muy débilmente tratada en los textos y las experiencias para desarrollar en clase son escasas, dándose más énfasis a la aplicación de los algoritmos.

Capítulo 3

5 METODOLOGÍA

5.1 ENFOQUE METODOLÓGICO

El presente trabajo se encuentra dentro de la perspectiva de estudios cualitativos, cuya intención central es comprender situaciones propias de un grupo social que experimenta el fenómeno de estudio.

Lo anterior, en concordancia con (Rodríguez & Valdeoriola, 2009) al afirmar que:

Las metodologías cualitativas se orientan hacia la comprensión de las situaciones únicas y particulares, se centran en la búsqueda de significado y de sentido que les conceden a los hechos los propios agentes, y en cómo viven y experimentan ciertos fenómenos o experiencias los individuos o los grupos sociales a los que investigamos.

Por otro lado, no se manipularon variables, el fenómeno se evaluó dentro del desarrollo natural de los sucesos que ocurrieron (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010, p. 9).

Por otra parte, el presente estudio posee un carácter descriptivo y comprensivo. Es descriptivo, teniendo en cuenta que la información recogida se limita a las categorías de estudio sin definir o tener en cuenta otros elementos o fenómenos que se puedan desarrollar en el transcurso del estudio. Frente a esto, (Sampieri, Collado, & Baptista, 2010) afirman que:

En esta clase de estudios el investigador debe ser capaz de definir, o al menos visualizar, qué se medirá (qué conceptos, categorías, componentes, etc.) y sobre qué o quiénes se recolectarán los datos (personas, grupos, comunidades, objetos, animales, hechos, etc.) (p. 80).

Con relación a lo anterior, en este estudio se tomaron en cuenta dos categorías, los niveles argumentativos y los modelos explicativos que los estudiantes utilizan para explicar el

concepto sobre circuitos eléctricos, y se trabajó con un grupo de estudiantes matriculados en grado once (Educación Media) en una Institución Educativa del municipio de Acacias – Meta.

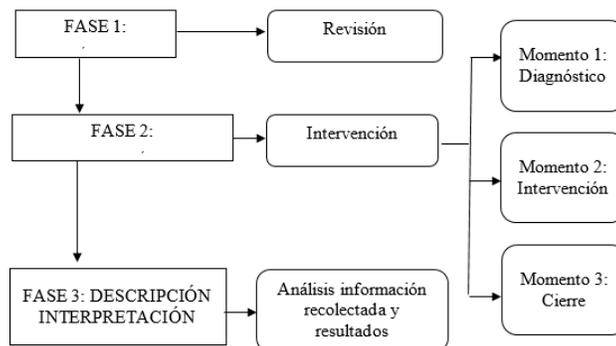
Además de todo lo anterior, y tal como se dijo antes, este trabajo se enmarca dentro de los estudios comprensivos. En él, se intenta dar sentido al fenómeno observado a partir de los datos obtenidos de los estudiantes que participaron (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010). Lo cual no desencadenará en generalizaciones construidas a partir de los datos obtenidos. Por el contrario, a partir de la interacción sujeto-objeto se obtienen datos que permiten elaborar una descripción de lo estudiado en forma individualizada (Martínez, 2011). En este trabajo, se estudia la relación que se establece entre los modelos explicativos sobre el concepto de circuitos eléctricos y el desarrollo de la competencia argumentativa, analizada desde los niveles argumentativos.

Es de aclarar que, en los análisis realizados se incorporan elementos cualitativos y cuantitativos con el fin de obtener una mayor comprensión del fenómeno estudiado.

5.2 DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación descriptiva-comprensiva se realizó a partir de los siguientes pasos:

Figura 6 Diseño de la Investigación



Fuente. propia.

La investigación en su primera fase teórica, se realizó una revisión documental sobre la argumentación en general y específica en el campo de las ciencias con el fin de configurar el objeto de la investigación y las formas de aproximación al objeto de estudio, como también acerca de los modelos explicativos del concepto de circuito eléctrico y como lo abordan algunos textos.

Seguidamente la fase metodológica, consistió en una intervención del profesor para identificar los modelos explicativos iniciales y como los estudiantes argumentaban situaciones problema sobre circuitos eléctricos, luego, se desarrolló en tres momentos: en el momento 1, de Ubicación o diagnóstico (D), se identifican los modelos explicativos iniciales de los estudiantes que hicieron parte de este estudio y se determinó su nivel de argumentación; en el momento 2, desubicación o intervención (I), se aplica una unidad didáctica diseñada para intervenir los niveles argumentativos y los modelos explicativos del concepto de circuitos eléctricos de los estudiantes y en la tercera etapa o momento de reenfoque o cierre (C), el análisis de los cambios en los modelos explicativos y de los niveles argumentativos que utilizan para explicar el concepto sobre circuitos eléctricos después de la aplicación de la unidad didáctica. La figura 7 ilustra la fase metodológica del diseño de la investigación.

Figura 7 Diseño de la Fase Metodológica



Fuente: Propia

La última fase fue de descripción e interpretación, donde se realizó el análisis sobre las producciones escritas de los estudiantes, que permitió, en su interacción con la teoría,

construir un modelo explicativo y de argumentación en circuitos eléctricos, dando a conocer así los resultados.

5.3 CONTEXTO

La propuesta se llevará a cabo con estudiantes de la jornada de la mañana de la Institución Educativa Pablo Emilio Riveros, institución de carácter público, ubicada en el barrio Pablo Emilio Riveros, Municipio de Acacias – Meta, a la cual asisten aproximadamente 250 estudiantes de los grados décimo a once, pertenecientes a los estratos sociales 1, 2 y 3, quienes presentan distintas problemáticas sociales, entre ellas, la inestabilidad familiar y la falta de recursos económicos. Se cuenta con una población de estudiantes muy flotante, debido a constantes retiros a lo largo del año, problemática debida al sector petrolero y con poco acompañamiento familiar a la formación del estudiante.

5.4 UNIDAD DE TRABAJO

La unidad de trabajo, objeto de estudio está conformada por los estudiantes del grado 11° de la institución, la cual cuenta con ciento diez (110) estudiantes distribuidos en tres (3) grupos, se tendrá en cuenta solamente el curso 1101, cuenta con veinte y cuatro (24) estudiantes (11 niñas y 13 niños) cuyas edades oscilan entre diez y seis (16) y diez y siete (17) años, pertenecientes a los estratos socio económicos 1, 2 y 3, a quienes se les aplicarán los correspondientes instrumentos de recolección de información y se abordará la unidad didáctica.

5.5 UNIDAD DE ANÁLISIS

En la presente investigación se pretende analizar la relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos del concepto de circuitos eléctricos en los estudiantes de grado once de la Institución Educativa Pablo Emilio Riveros del municipio de Acacias – Meta.

5.6 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Los instrumentos que se utilizan son: las pruebas de lápiz y papel (cuestionario inicial), la unidad didáctica y un debate grupal.

Instrumento de lápiz y papel. Este instrumento será diseñado con el objetivo de indagar los modelos explicativos iniciales y los procesos de argumentación utilizados por los estudiantes presentes en situaciones problemas asociados al aprendizaje del concepto de circuitos eléctricos; ofreciendo una caracterización de los modelos explicativos, que a su vez permitirá identificar las limitaciones que posiblemente inciden sobre el concepto. Después de identificadas las dificultades y barreras de aprendizaje, y los modelos explicativos se diseñará la unidad didáctica.

El instrumento comprende una serie de preguntas abiertas sobre circuitos eléctricos las cuales fueron justificadas y una serie de afirmaciones las cuales también argumentaron y que permitieron identificar los niveles argumentativos de los estudiantes. Fue sometido a una prueba piloto a partir de la cual se realizaron los ajustes pertinentes para su posterior aplicación.

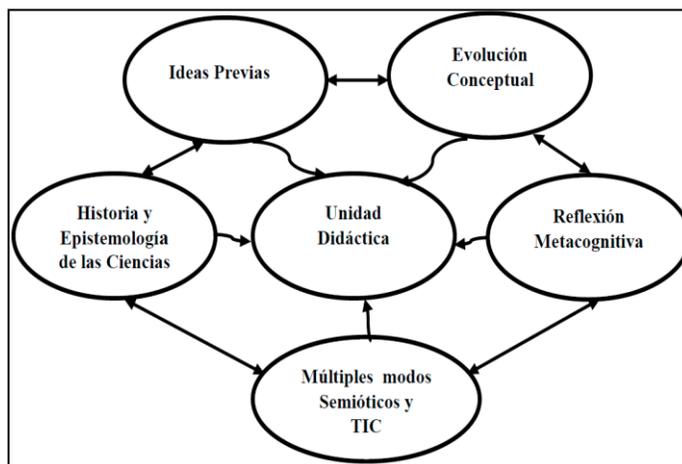
El debate grupal: se les propuso que resolvieran una serie de preguntas acerca de la temática en las que se les permitió desarrollar una discusión y llegar a acuerdos para luego responder por escrito. Luego debieron ser puestas en la plenaria del grupo y sometidas al consenso general. Cada grupo pudo defender su posición y se desarrollaron discusiones que permitieron enriquecer los aportes de cada grupo, favoreciendo el aprendizaje de los conceptos y promover los procesos argumentativos.

5.7 UNIDAD DIDÁCTICA

Según Tamayo (2006) y Sánchez & Valcárcel (1993), la unidad didáctica es un proceso flexible de planificación de la enseñanza de los contenidos relacionados con un campo del saber específico para construir procesos de aprendizaje en una comunidad determinada. Debe estar constituida a partir de las ideas previas, la historia y la epistemología de las

ciencias, los distintos modos de representación semiótica y las TIC, la reflexión metacognitiva y la evolución conceptual.

Figura 8 Modelo de Unidad Didáctica



Fuente: (Tamayo,2001, pág. 120)

La UD estará enmarcada en sesiones de clase, teniendo como base el instrumento de ideas previas, los obstáculos y modelos explicativos encontrados a partir de este, estará centrado en la argumentación asociado al concepto de circuito eléctrico y bajo el modelo de argumentación de Toulmin, a partir de los constructos teóricos de Tamayo. Esta intervención será realizada en tres momentos: ubicación, desubicación y reenfoque.

En el momento de ubicación, se aplicó un cuestionario (ver anexo 1), que busca identificar elementos de los modelos conceptuales referidos a los circuitos eléctricos y los niveles de argumentación de los estudiantes. Ambas cosas, partiendo de las respuestas dadas por cada estudiante frente al cuestionario. A estas respuestas se les hizo un análisis del discurso con el fin de identificar en ellas la presencia de los elementos del modelo argumentativo de Toulmin. Del mismo modo, se identificaron los elementos característicos de los modelos teóricos que explican el concepto. La *Tabla 2* - Diferentes modelos explicativos de la pila en un circuito sencillo de corriente continua (Guisasola, Montero, & y Fernández, 2007), ilustra las características de tales modelos. Los cuales a modo de resumen fueron

construidos tras una revisión bibliográfica de la historia y la epistemología del concepto (p. 1604).

En el momento de desubicación o intervención, partiendo de los resultados obtenidos se diseñó y se aplicó una unidad didáctica con la que se aborda los modelos explicativos que los estudiantes utilizan para explicar el concepto de circuitos eléctricos, al igual que su manera de argumentar. Mediante esto, se busca la construcción compartida de conceptos a través de la problematización y la promoción de interacción lingüística, guiada por el maestro.

“Las características de las interacciones discursivas en el aula están relacionadas con los ciclos de actividad orientados desde las estrategias seleccionadas por el docente” (Agüero, García-Salcedo, Guzmán, & Mendoza, 2012, pág. 16). En esta secuencia didáctica se proponen circuitos discursivos; algunos cerrados, fuertemente guiados por el docente, y otros abiertos, en los que la participación de los estudiantes es significativamente mayor. A partir de las respuestas y construcciones de los estudiantes, se introducen los nuevos conceptos partiendo de un lenguaje cotidiano que poco a poco se va transformando en un lenguaje más técnico, científico.

En el momento de reenfoque o cierre, el docente aborda el concepto de argumentación partiendo del modelo argumentativo de Osborne, Erduran y Simón (2004) y lo ilustra con un ejemplo de la cotidianidad. Con esto, los invita a resolver, en pequeños grupos, una actividad en la que se les propone desarrollar una discusión y llegar a acuerdos para luego responder por escrito. Las respuestas así obtenidas, luego deberán ser puestas en la plenaria del grupo y sometidas al consenso general. Cada grupo podrá defender su posición y se desarrollaran discusiones que permitan enriquecer los aportes de cada grupo, favorecer el aprendizaje de los conceptos y promover la competencia argumentativa.

La intervención didáctica contará con un espacio de dos meses con una intensidad horaria semanal de tres horas. El análisis se hará a partir de la información obtenida en las pruebas de lápiz y papel, la unidad didáctica y un debate grupal. (Tamayo, y otros, 2010).

5.8 PLAN DE ANÁLISIS

Es importante aclarar el concepto de análisis para poder orientar el plan que se ha de seguir para abordar esta etapa de la investigación. (Rodríguez, Gil & García, 1996) definen este concepto como “conjunto de manipulaciones, transformaciones, operaciones, reflexiones, comprobaciones que realizamos sobre los datos con el fin de extraer significado relevante en relación a un problema de investigación” (p. 23). Esta definición permite ver el análisis como un proceso que permite detallar los componentes del fenómeno que se estudia, representados en los datos obtenidos, para obtener una mejor comprensión y poder dar una explicación de tal fenómeno a través de la manipulación de los datos. (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010) y (Rodríguez, Gil & García, 1996), el plan de análisis de los datos se inicia partiendo de la premisa que los datos se reciben, o se recolectan, en forma no estructurada. Por lo que el primer paso consiste en estructurar los datos obtenidos tras la aplicación del cuestionario en el momento 1 (Desubicación o Diagnóstico) y en el momento 3 (Reenfoco o Cierre) de la fase 2: metodológica, es decir, organizarlos de acuerdo a las categorías identificadas. En este trabajo, las categorías corresponden a los modelos explicativos que utilizan los estudiantes para explicar el concepto y los niveles de argumentación que se identifican en sus respuestas.

Para determinar los modelos explicativos se hizo uso de la información contenida en la tabla 2 (Características de los modelos explicativos), en la que se recogen los principales elementos con los que la literatura describe cada uno de los modelos explicativos. Mientras que, para definir los niveles de argumentación se utilizó la tabla 1 (Niveles de argumentación). Estas herramientas permitieron dar orden a los datos obtenidos.

Posteriormente, se realizó una revisión y transcripción de los materiales de audio que se obtuvieron durante el desarrollo de este trabajo, para la transcripción del material, se utilizó la metodología propuesta por (Candela, 2001), con la que se facilita este proceso. De acuerdo con Sampieri, Fernández & Baptista (2010), las transcripciones son leídas y releídas, tanto como sea necesario, para poder comprender el sentido general de los datos.

Hecho esto, los datos son organizados de acuerdo con el tipo de datos o teniendo en cuenta el instrumento que permitió la recogida de los datos.

Finalmente, y ya con los datos organizados y separados, se realiza una triangulación de datos (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010). Lo cual, permite dar mayor validez a las categorías identificadas.

CAPÍTULO 4

5.9 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el siguiente análisis se describe el estado inicial y final de los estudiantes del grado Once de la Institución Educativa Pablo Emilio Riveros del municipio de Acacias – Meta, frente a los niveles argumentativos y los modelos explicativos del concepto de circuitos eléctricos a partir de la aplicación de los instrumentos inicial y final, como de los espacios argumentativos que se posibilitaron en la intervención didáctica.

Como punto de partida se seleccionó la información distinguiendo la que resulta prescindible, los criterios de esta selección se basan en la pertinencia, que refiere a la acción de solo tomar en cuenta aquello que se relaciona con las categorías de la investigación, y a la relevancia, que revela la recurrencia y asertividad con el tema. (Cisterna Cabrera, 2005, págs. 61–71) Para el procesamiento de la información se cruzan los resultados obtenidos a partir de las respuestas dadas por los estudiantes en torno a las diferentes actividades aplicadas.

Las respuestas proporcionadas por los estudiantes fueron analizadas teniendo en cuenta las convenciones citadas en la Tabla 5, con el fin de identificar la estructura del argumento y la recurrencia de los marcadores discursivos, que son expresiones, **como, esto es, así las cosas, sin embargo, por cierto, pues, por ende, es decir, por ejemplo, además** y otras unidades lingüísticas especializadas en encadenar los diferentes fragmentos discursivos señalando explícitamente el tipo de relación semántica que existe entre ellos, guiando así la interpretación del discurso que se transmite, usados en sus respuestas; los cuales aparecen resaltados en negrilla.

Tabla 5 Convecciones utilizadas para el análisis de los argumentos.

Símbolo	Nombre	Característica
T	Tesis o hipótesis	Tesis o hipótesis. Permite defender un punto de vista o un asunto.
D	Datos	Datos, son evidencias que apoyan la tesis o hipótesis (citas, reportes).
J	Justificaciones	Justificaciones, con esta encuentra una relación entre la tesis y los datos.
R	Refutación	Refuta el argumento.
E	Estudiante	Unidad de trabajo.
P	Pregunta	Están en el instrumento.

Convecciones para interpretar los resultados obtenidos con la aplicación de la UD (Elaboración propia).

5.10 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE MODELOS EXPLICATIVOS Y NIVELES ARGUMENTATIVOS INICIALES

En el primer momento de la investigación de diagnóstico o ubicación se recolectó la información como punto de partida, a través de la aplicación de un instrumento (ver Anexo 1) cuyo propósito fue identificar los modelos explicativos iniciales en los estudiantes con respecto al concepto de circuitos eléctricos, así como los niveles argumentativos iniciales.

Para el análisis de los resultados de la actividad de modelos explicativos iniciales, se analizará el instrumento de lápiz y papel aplicados a los 24 estudiantes. A continuación, se presentan en la tabla 6 los modelos explicativos iniciales identificados en los estudiantes, a partir de las respuestas dadas a los 11 interrogantes propuestos en el cuestionario inicial, se aclara que en algunas preguntas del cuestionario no se pudo identificar el uso de modelos explicativos en los estudiantes.

Tabla 6 Modelos explicativos iniciales sobre circuitos eléctricos.

Modelos Explicativos	Respuestas obtenidas
Modelo de Ohm	98
Modelo de Volta	50
Modelo de Coulombiano	29
Modelo de Kirchhoff	18
Sin modelo explicativo	69

(Elaboración propia).

En la tabla 6 se establece los modelos explicativos sobre los circuitos eléctricos usados por los estudiantes en el desarrollo de las situaciones planteadas en el cuestionario inicial sobre circuitos eléctricos. Se indican los modelos explicativos sobre circuitos eléctricos y el número de veces que cada uno de los estudiantes los usaron.

Se observa que el modelo menos usado por los estudiantes es el modelo de Kirchhoff usado en 18 ocasiones por los estudiantes; este modelo se utiliza para resolver circuitos más complejos, por ejemplo, en el desarrollo del cuestionario en la pregunta 10 donde se muestra un circuito mixto, ¿qué bombillo iluminará o brillará con mayor intensidad? ¿Por qué?, uno de los estudiantes respondió: *“el bombillo “A” iluminara con mayor intensidad, puesto que él puede obtener la mayor corriente del circuito al haber obtenido una parte de la intensidad, los otros bombillos no podrán obtener más intensidad que el bombillo A”*, por lo tanto, el estudiante hace uso incorrecto de la denominada ley del nudo para dar la explicación correcta a la situación planteada.

A su vez se evidencia que el modelo Coulombiano los estudiantes lo utilizaron en 29 ocasiones, por ejemplo, para la pregunta 11, ¿Cuál es la diferencia entre un circuito abierto y un circuito cerrado?, una de las estudiantes respondió: *“un circuito cerrado es aquel que permite la circulación de la corriente y de esa forma hace funcionar la carga, en cambio el circuito abierto es aquel que no permite la circulación”*.

En cuanto al modelo de Volta lo usaron en 50 ocasiones los estudiantes, por ejemplo, en la pregunta 1, En la vida diaria se han visto algunos de los siguientes aparatos: una linterna; un radio portátil; una calculadora electrónica; juguetes eléctricos con baterías; ¿Explique el funcionamiento de los aparatos anteriormente mencionados?, uno de los estudiantes respondió: *“la linterna tiene un circuito sencillo que consta de unos cables y un suiche, las pilas que se encargan de la electricidad; radio: tiene otros implementos como la tarjeta que hace que este capte las ondas por una antena; la calculadora: tiene una tarjeta para poder hacer procedimientos matemáticos; (todos tienen circuitos para que puedan funcionar)”*.

Por lo que se refiere al modelo de Ohm, es el más usado por los estudiantes en el desarrollo de la actividad, aunque no se evidencia el dominio conceptual de este modelo, los estudiantes se aproximaron a los criterios de este, por ejemplo, en la pregunta 7, de acuerdo con las figuras 3 y 4, ¿Describa qué sucederá cuando se desconecte (o se quemé) uno de los bombillos?, uno de los estudiantes respondió: *“no pasa nada ya que la electricidad tienen otro camino para que fluya esto es debido a que es un circuito paralelo”*.

Por otro lado, en algunas de sus respuestas no se pudo establecer un modelo explicativo sobre circuitos eléctricos, tal como se evidencia en la tabla, en 69 ocasiones no se logró la información pertinente por parte de los estudiantes que correspondiera a alguno de los modelos explicativos sobre circuitos eléctricos.

5.11 ANÁLISIS DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS INICIALES

Una vez transcritas y analizadas las respuestas de los estudiantes, se puede observar que el 81,66% de los estudiantes presentan una tendencia hacia el modelo explicativo de Ohm, tal como se evidencia en algunas expresiones de los estudiantes, al ser indagados sobre cuál bombillo tendrá mayor luminosidad en el circuito si en uno de ellos se encuentra una sola pila mientras que en el otro están conectadas dos pilas una seguida de la otra, por ejemplo, El manifiesta: *“En la figura No. 2 ya que según la ley de ohm se establece que el voltaje es directamente proporcional a la intensidad de corriente, es decir, a mayor voltaje mayor*

intensidad de corriente”, y E2 afirma: “*En la figura 2 **porque** al haber mayor cantidad de voltaje es mayor el voltaje que pasa por el bombillo y haciéndolo más luminoso*”.

Así mismo cuando se les realizó la pregunta 4, donde se solicitó que explicaran qué sucede con la luminosidad de los bombillos mostrados en los circuitos en serie, donde en uno aparecen dos bombillos mientras que en el otro fueron conectados tres, las respuestas dadas por algunos estudiantes fueron: E3: “*En la figura No. 1 hay mayor intensidad de corriente que en la figura No. 2; **por ende** sus luces son más brillantes*”, E4: “*En la figura número 1 aumenta la luminosidad porque son menos bombillos **mientras** que en la dos disminuye al ser más*”, es por esto, que se afirma que los estudiantes conocen y comprenden una de las características del circuito en serie, “la corriente eléctrica sólo tiene una ruta a través del circuito. Eso significa que la corriente que pasa por la resistencia de cada dispositivo eléctrico a lo largo de la trayectoria es la misma. A esta corriente se opone la resistencia del primer dispositivo, la del segundo, la del tercero, etc. Entonces, la resistencia total al paso de la corriente por el circuito es igual a la suma de las resistencias individuales a lo largo de la trayectoria por el circuito” (Hewitt, 2007, p.448), por todo lo anterior, se certifica que hacen uso del modelo de Ohm.

Además, cuando se les indagó sobre qué sucederá cuando se desconecte (o se quemé) uno de los bombillos en un circuito en serie, los estudiantes manifestaron: E1: “*En este caso si por algún motivo un bombillo llega a dañarse el resto dejara de funcionar **ya que** esta en serie y si se afecta uno interrumpe los demás*”, E4: “*Cuando uno de los bombillos se quemé o desconecte los otros se apagaran por que se corta el paso de la corriente al estar conectado en serie*”, por lo tanto, tienen claro que si desconecta o se quema un bombillo el circuito dejará de funcionar, porque el circuito está en serie, puesto que se corta el paso de la corriente, es decir, si afecta uno de ellos los demás también se verán afectados, “si se funde un filamento de una bombilla, o simplemente si se abre el interruptor, se puede causar esa interrupción” (Hewitt, 2007, p.448), y que “la corriente eléctrica circula por el circuito debido a la diferencia entre los valores de ‘fuerza electroscópica’ (densidad superficial de carga) entre dos puntos del mismo” (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 1604).

Por otro lado, también se les averiguó que pasaría si se desconecta (o se quema) uno de los bombillos en una conexión en paralelo, el estudiante E4 manifestó: *“Seguirán funcionando normalmente por que los otros bombillos tienen pasos de corriente individual al estar conectados en paralelo”*, mientras que E5, respondió: *“No pasará nada **puesto que** si esta en paralelo cada uno es independiente y no se afectara, **lo contrario** a lo que pasa en el circuito en serie”*, en otras palabras, hacen uso igualmente del modelo de Ohm, pues afirman comprender una de las características del circuito en paralelo, *“cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás, la corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo. Como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley de Ohm se aplica por separado a cada ramal”* (Hewitt, 2007, p.450).

En cuanto el modelo menos usado por los estudiantes es el modelo de Kirchhoff usado en 18 ocasiones, cuando se les pregunto sobre cuál bombillo iluminará o brillará con mayor intensidad en una conexión mixta de tres bombillos conectados en paralelo y seguido de un bombillo en serie, el estudiante E1 respondió: *“D, **porque** la energía le llega más rápido que a los demás”* mientras la respuesta dada por el estudiante E4 fue: *“El bombillo “D” iluminará con mayor intensidad debido a que la intensidad de los bombillos A, B, C, se unen y se van por un solo camino hasta llegar al bombillo D”*, por lo tanto tienen claro lo que sucede con la intensidad de corriente en un circuito mixto, pero desconocen la ley de Kirchhoff, tal como lo afirma *“la primera ley, denominada la ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores, Kirchhoff en esta ley afirma que: “en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen, es decir: en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen, es decir: $i_1 = i_2 = i_3$ ”* (Ballén, 2011, p.199).

En la tabla 6 se indica que en total, los estudiantes en 195 oportunidades usaron modelos explicativos sobre circuitos eléctricos, sin embargo, el uso de modelos explicativos sobre circuitos en otras preguntas planteadas no se pudo establecer, por ejemplo, al indagar sobre cómo será la luminosidad de los bombillos en un circuito en paralelo si uno de ellos tiene

dos bombillos y el otro tres, las respuestas encontradas fueron: E1: *“Para estos circuitos la luminosidad permanecerá constante **pues** este es un circuito en paralelo donde ninguno se ve afectado por el otro”*, E2: *“En las dos figuras se mantiene constante la energía”*, puesto que no comprenden que cada dispositivo funciona de forma independiente de los demás y que la corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma, por el contrario se identifica en ellos una confusión entre el concepto de voltaje e intensidad de corriente; se percibe entonces que su modelo explicativo es incompleto y confuso (Rodríguez y Moreira, 1999).

Tabla 7 Modelos explicativos/Sin modelo explicativo

–	Ocasiones
	195
Modelos explicativos	
Sin modelo explicativo	69

(Elaboración propia).

Después de analizar los modelos explicativos iniciales dados por los estudiantes al desarrollar el instrumento de lápiz y papel el cual es un cuestionario inicial con diferentes situaciones para que los estudiantes hicieran uso de los diferentes modelos explicativos según la pregunta que se les presentaba, se encontró que los estudiantes no tienen el conocimiento completo de los modelos explicativos, y se aproximan al uso de estos, tal como se refiere Barquero (1995) citado en Rodríguez y Moreira (1999), los modelos mentales son limitados, simplificados e incompletos; partiendo, de estas ausencias o dificultades en el concepto se establece los obstáculos encontrados para cada modelo explicativo. Por ejemplo, cuando se averigua en un circuito mixto, que consta de dos bombillos en serie, luego dos en paralelo y seguido por uno en serie, cuál de los bombillos iluminará más o tendrán mayor luminosidad, el estudiante E1: *“El bombillo “E” circulara con mayor luminosidad **ya que** va a obtener mayor intensidad de corriente que le administren los otros dos (C y D)”*, mientras que E6: *“En los circuitos mixtos, siempre los voltios van a concentrarse en un bombillo, **por lo tanto**, el bombillo E tendrá mayor*

intensidad”, en sus respuestas no se evidencia un conocimiento previo del circuito mixto, aunque intentan hacer relación de lo que ocurre en un circuito en serie y paralelo, mencionan una característica del circuito en paralelo, pues la corriente que sale de C y D hace que el bombillo E tenga mayor intensidad pero no tienen en cuenta que A y B están en serie y que por lo tanto van a tener la misma luminosidad del bombillo E.

Más aún, cuando en la pregunta 5 se les preguntó que explicaran por la luminosidad que presentaban los bombillos en una conexión en paralelo con dos y tres bombillos, el estudiante E2 respondió: *“En las dos figuras se mantiene constante la energía”*, por otro lado, E4 manifestó: *“La luminosidad en los dos circuitos es igual ya que la energía es igual porque está conectado en paralelo”*, y el estudiante E6 expresó: *“Ambas figuras de los bombillos iluminaran con igual intensidad que este circuito está conectado en paralelo, pues al estar conectado de esta manera la corriente llegara con igual intensidad a cada conexión”*, todo esto parece confirmar que los estudiantes no comprenden las características de este, “como que cada dispositivo funciona de forma independiente de los demás y que la corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma” (Hewitt, 2007, p.450), además se evidencia que presentan una confusión entre los conceptos de voltaje e intensidad de corriente, pues en paralelo el voltaje permanece constante y es la corriente quien toma diferentes caminos haciendo que la luminosidad de los bombillos disminuya de acuerdo a la cantidad de bombillos que tenga la conexión.

También se comprobó que ciertos estudiantes, para una misma pregunta planteada realizaron el uso de dos modelos explicativos sobre circuitos eléctricos, evidenciándose la complejidad de la comprensión que ellas tienen sobre circuito eléctrico; en este sentido Rodríguez y Moreira (1999) indican que los modelos mentales son de gran variedad que no siempre van a formar conceptos precisos y que pueden ser desorganizados y contradictorios. Un ejemplo de este caso es el estudiante E6 cuando se les realiza la pregunta sobre el funcionamiento de algunos aparatos como una linterna, una calculadora electrónica, un radio portátil, juguetes eléctricos, donde él hace uso del modelo de Volta y Coulombiano al responder: *“Para que estos aparatos funcionen primero tienen que tener una pila, batería o carga, en algunos debe haber cableado para que puedan encender”*

pues se evidencia que, en el modelo de Volta “la ‘fuerza electromotriz’ de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas” (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 1604), además, manifiestan que se necesitan de otros elementos indispensables como cables, interruptor, un bombillo, un motor, que forman parte de un circuito eléctrico, todo esto parece confirmar que identifican los siguientes elementos que constituyen un circuito eléctrico: (Profesor en Línea, 2015) e igualmente hace uso del modelo Coulombiano, “los cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen a través de un conductor que los une” (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 1604).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se caracterizan los modelos explicativos iniciales sobre circuitos eléctricos, identificados en los 24 estudiantes, de donde se infiere por ejemplo que E1, entiende el modelo volta, pues percibe que la pila tiene una fuerza electromotriz para separar cargas y que, a mayor número de pilas, mayor voltaje e intensidad de corriente; además, tiene claro algunas características del modelo de Ohm, como las de un circuito en serie, donde sí se funde un bombillo se causa una interrupción; y en paralelo que el voltaje permanece siempre constante; habría que decir también que del modelo de Kirchhoff, no comprende la primera ley, denominada la ley del nudo, pues para las preguntas 9 y 10 que corresponden a este modelo solo se limita a dar unas afirmaciones que no corresponden a la ley del nudo.

En relación con E2, en la pregunta 3 sobre el modelo de Volta, conoce que a mayor voltaje hay mayor intensidad de corriente y lo sabe porque las pilas están conectadas en serie e intuye que es por la fuerza electromotriz de la pila; referente a la pregunta 5 que se indaga por el modelo de Ohm, afirma que la energía es constante pero realmente lo que es constante es el voltaje en un circuito en paralelo, por lo tanto, la luminosidad de los bombillos será igual en las dos figuras, se evidencia que no comprende algunas de las características del modelo de Ohm en cuanto al circuito en paralelo.

Por otro lado, E4, en la pregunta 4 sobre el modelo de Ohm, intuye una de las características de este modelo en cuanto al circuito en serie, pues vaticina que la corriente es inversamente proporcional a la resistencia, pues afirma que la figura 1 tendrá mayor

luminosidad porque hay menos bombillos, es decir, una menor resistencia; además en la pregunta 6 de este mismo modelo, conoce una de las características del circuito en serie, que si se funde o quema un bombillo se causa una interrupción de la corriente porque está solo tiene un único camino; así mismo, con respecto a la pregunta 7 del mismo modelo, reconoce una de las características del circuito en paralelo, como una interrupción en cualquiera de las trayectorias no interrumpe el paso de la corriente por las otras resistencias. En relación al modelo de Kirchhoff en la pregunta 9, el estudiante advierte que el bombillo D tendrá la mayor luminosidad en el circuito, pero desconoce la primera ley, denominada ley del nudo, que explica lo sucedido en la situación planteada en dicha pregunta.

Con respecto al E6, a lo que se refiere a la pregunta 1 sobre el modelo de Volta, reconoce que la pila es la encargada de proporcionar la energía, es decir, intuye que la pila tiene una fuerza electromotriz para separar las cargas; acerca del modelo de Ohm en la pregunta 5, conoce que el voltaje es constante, y como las resistencias de los bombillos es igual, entonces los bombillos tendrán la misma luminosidad en las dos figuras, por lo tanto, vislumbra una de las características del circuito en paralelo, como la ley de Ohm se aplica por separado en cada rama; a su vez en la pregunta 10 sobre el modelo de Kirchhoff, desconoce la ley denominada del nudo para dar explicación a la situación planteada en dicho circuito.

En definitiva, vemos como algunos estudiantes se aproximan a algunas de las características de los modelos explicativos sobre los circuitos eléctricos para dar explicación a las diferentes situaciones planteadas, pero, por otro lado, también se encuentran algunos estudiantes que no explican o no se aproximan a esos modelos explicativos.

5.12 ANÁLISIS DE LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS INICIALES

En la tabla 8 se muestra los niveles argumentativos que se identificaron en las respuestas dadas por los 24 estudiantes. Se establece los niveles argumentativos y el número de veces en los que se reconocieron.

Tabla 8 Niveles Argumentativos Iniciales caracterizados en los modelos explicativos sobre circuito eléctricos en cada estudiante.

Estudiante	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Total
1	10	1				11
2	11					11
3	11					11
4	11					11
5	10		1			11
6	11					11
7	11					11
8	11					11
9	11					11
10	11					11
11	11					11
12	11					11
13	11					11
14	11					11
15	11					11
16	11					11
17	11					11
18	11					11
19	11					11
20	11					11
21	11					11
22	11					11
23	11					11
24	11					11

Elaboración propia.

Se resalta el nivel 1 por ser el que más se identificó en los modelos explicativos; por el contrario, no se encontraron estudiantes en los niveles argumentativos 4 y 5 los cuales son niveles más elaborados al estar constituidos por más componentes.

Teniendo como herramienta de análisis del modelo argumentativo de Osborne, Erduran y Simon, 2004, con 5 niveles argumentativos, se realizó el análisis a cada una de las respuestas donde se evidenció el uso de un modelo explicativo con la intención de caracterizar los niveles argumentativos, encontrándose que:

Cada estudiante hace uso de diferentes niveles de argumentación en el desarrollo de las diferentes situaciones planteadas, de tal manera que sus niveles argumentativos son variados, esto se relaciona con el conocimiento científico que cada estudiante tiene, al elaborar textos argumentativos con más componentes (Sardá y Sanmartí, 2000; Chamizo, 2007). Tomando el caso del estudiante E1 se identifica el nivel argumentativo de nivel 1 y nivel 2. Por ejemplo, en la pregunta 3: “*¿De acuerdo con las figuras mostradas, comente en cuál de las dos, el bombillo tendrá mayor luminosidad y por qué?*” se identifica un argumento que constan de una afirmación o dato y justificación, pero sin refutaciones, además de que utiliza un lenguaje científico, “*En la figura No. 2 ya que según la ley de ohm se establece que el voltaje es directamente proporcional a la intensidad de corriente (D), es decir, a mayor voltaje mayor intensidad de corriente (J)*”. En las demás preguntas solo se queda en el nivel 1, donde presenta su argumentación como una simple afirmación o dato.

De igual modo, el estudiante E5, en la pregunta 7: “*¿De acuerdo con las figuras 3 y 4, describa qué sucederá cuando se desconecte (o se quemé) uno de los bombillos?*” el estudiante respondió, “No pasará nada **puesto que** si esta en paralelo cada uno es independiente y no se afectara, **lo contrario** a lo que pasa en el circuito en serie”, siendo un nivel argumentativo 3, ya que tiene un argumento con una afirmación, dato o respaldo y justificación con refutación débil ocasional, la afirmación “No pasará nada puesto que si esta en paralelo”, el dato o respaldo “está en paralelo cada uno es independiente y no se afectara” y una refutación débil, donde realiza una comparación “lo contrario a lo que pasa

en el circuito en serie”. En las demás preguntas solo se queda en el nivel 1, presentando su argumentación como una simple afirmación o dato.

En definitiva, la mayoría de los niveles argumentativos caracterizados se encuentran en el nivel 1, observándose que en sus respuestas los estudiantes solamente establecen afirmaciones o datos. Sin embargo, esto se considera una oportunidad ya que, según Sardá y San martí (2000), se pueden mejorar las estructuras argumentativas en los textos, mediante el desarrollo de las habilidades argumentativas.

Según Greca y Moreira (1998) los modelos se pueden mejorar y ampliar, pero este proceso depende de la habilidad de la persona; teniendo en cuenta lo anterior, respecto a la habilidad de los estudiantes para elaborar niveles argumentativos con mayor nivel; tal como se logró evidenciar con los estudiantes E1 y E5, los cuales presentaron niveles de argumentación 2 y 3, donde sus respuestas presentan un respaldo o una refutación débil.

5.13 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE MODELOS EXPLICATIVOS Y NIVELES ARGUMENTATIVOS FINALES

Después de realizar el análisis de las respuestas y teniendo en cuenta los modelos explicativos iniciales y los niveles argumentativos iniciales usados por los estudiantes previamente en el desarrollo del cuestionario inicial, se reconocen las debilidades y falencias con respecto al conocimiento científico; y es desde ahí donde se organizan unas actividades para la unidad didáctica que favorezcan a superar esas dificultades para mejorar los niveles argumentativos en los diferentes modelos explicativos iniciales.

Tal como lo menciona Orrego et al. (2016), los obstáculos en los modelos mentales de los estudiantes, se caracterizan como el punto de partida para el trabajo del docente, enfocado en la superación de estos mediante los procesos de enseñanza, creando actividades que permitan identificar los modelos de los estudiantes y el enriquecimiento de estos modelos, modificándolos a través de la aproximación al conocimiento científico.

Con el propósito de mejorar los niveles argumentativos en los diferentes modelos explicativos se realizó un proceso de intervención, con actividades experimentales sobre la construcción de circuitos eléctricos, donde identifiquen y expliquen las funciones de los componentes eléctricos que forman parte de este, como también su simbología, en este trabajo se intervino los modelos explicativos de Volta y el Colombiano; después se realizaron unas actividades experimentales e interactivas, mediante el uso del software Proteus para el diseño de circuitos eléctricos en serie, paralelo y mixtos, para que logren comprender las relaciones entre corriente y voltaje, es decir, identifiquen las distintas características presentes en cada uno; y por último unas actividades finales, actividades de trabajo grupal cooperativo con el fin de promover el uso adecuado del lenguaje científico, en las explicaciones de los estudiantes sobre el concepto de circuitos eléctricos, como también potenciar procesos argumentativos mediante el debate y la reflexión crítica de sus puntos de vista.

5.14 ANÁLISIS DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS FINALES

Respecto a la unidad didáctica sobre circuitos eléctricos, se organizó en 9 actividades desarrolladas por los estudiantes durante las clases, en estas actividades se plantearon algunas consultas para realizar en casa, y en las clases se realizaron las explicaciones de los conceptos mediante el uso de imágenes, lecturas, prácticas experimentales e interactivas y presentaciones en power point. Para cada actividad de la unidad didáctica se establecieron preguntas con la intención de caracterizar los modelos explicativos y los niveles argumentativos de los estudiantes. En total se diseñaron 56 preguntas para reconocer estos modelos en los estudiantes.

Para el desarrollo del análisis comprensivo se seleccionaron 6 estudiantes del grupo inicial constituido por veinticuatro (24) estudiantes; el criterio fue el resultado del cuestionario inicial sobre modelos explicativos y niveles argumentativos iniciales, teniendo en cuenta que en los estudiantes se caracterizaron varios modelos explicativos en las situaciones propuestas; respecto a los niveles argumentativos se identificaron los niveles 1, 2 y 3. También se tuvo como referente la participación en todas las actividades, ya que los

estudiantes no estuvieron presentes en algunas clases durante el desarrollo de la unidad didáctica. Los estudiantes seleccionados fueron: E1, E3, E4, E5, E6 y E10.

A continuación, se presentan los resultados y el análisis de cada uno de los estudiantes en tres momentos, al inicio de la unidad didáctica en la actividad de los modelos iniciales, durante el desarrollo de la unidad didáctica mediante las actividades propuestas para promover los modelos explicativos y niveles argumentativos sobre circuitos eléctricos; y al finalizar la unidad didáctica en la actividad de modelos finales.

Terminada la unidad didáctica se realizó la actividad de modelos finales, con el fin de identificar el progreso de los modelos explicativos y los niveles argumentativos de los educandos.

5.14.1 Estudiante 1

En la actividad de identificación de los modelos iniciales se caracterizaron en el estudiante los cuatro modelos explicativos sobre circuitos eléctricos, los cuales fueron usados en el desarrollo de diferentes situaciones. Los modelos identificados son el de Ohm, Kirchhoff, Volta y Coulomb, siendo el modelo de Ohm el identificado con mayor uso.

En la actividad de los modelos finales se evidencia la perseverancia del estudiante al usar los mismos modelos explicativos durante la unidad didáctica, es importante destacar que en todas sus respuestas el estudiante hizo uso de alguno de los modelos explicativos, de tal manera que, aunque usa diferentes modelos explicativos para desarrollar las diferentes situaciones propuestas, se modificaron los modelos explicativos, al tener como punto de partida sus modelos explicativos iniciales, por supuesto que, sigue haciendo mayor énfasis en el modelo de Ohm, de acuerdo con las preguntas propuestas para este modelo, como son la pregunta 4: Explique qué cree sucede con la luminosidad de los bombillos en cada una de las siguientes figuras mostradas (Figura No. 1 y 2); pregunta 5: Explique qué cree que sucederá con la luminosidad de los bombillos mostradas en las figuras No. 3 y 4; pregunta 6: De acuerdo con las figuras mostradas, ¿Describa qué sucede cuando se desconecte (o se

queme) uno de los bombillos? (Figura No. 1 y 2); pregunta 7: De acuerdo con las figuradas 3 y 4, ¿Describe qué sucederá cuando se desconecte (o se queme) uno de los bombillos? (Figura No. 3 y 4); y pregunta 8: De acuerdo con las figuras No. 1 y 3 ¿En cuál de estas dos figuras mostradas brillarán las bombillas con mayor intensidad? ¿Por qué?, respondiendo en este caso a las 5 preguntas de la siguiente manera: P4: “En la figura 1, la luminosidad de los bombillos es mayor **porque** hay más electrones en circulación **puesto que** hay menor resistencia (bombillos), **mientras** en la figura 2 al haber mayor cantidad de resistencias (bombillos) la intensidad de corriente disminuye, **pues** en un circuito en serie, cuando se cierra el interruptor se establece casi de inmediato la misma corriente en las dos como en la tres bombillas, pero obedeciendo la ley de Ohm, donde la corriente es inversamente proporcional a la resistencia, **es decir** a menor resistencia (cantidad de bombillos) en la figura 1 mayor es la corriente por lo tanto hay mayor luminosidad”, para la P5: “En la figura 3 y 4 la luminosidad de los bombillos es igual, **porque** los circuitos están en paralelo, **por lo tanto**, el voltaje suministrado por la fuente es constante para cada bombilla, y como estas son idénticas, la corriente es la división entre el voltaje y el valor de la resistencia de cada bombilla de la rama, por cual presentarán la misma iluminación las bombillas en ambas situaciones”, para la P6: “En un circuito en serie la corriente es la misma, **es decir**, los electrones recorren todo el circuito, tienen un único camino, **por lo tanto**, una interrupción como quitar o que se funda un bombillo en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, o simplemente si se abre el interruptor, se causa esa interrupción, el no paso de electrones”, para la P7: “En un circuito en paralelo, una interrupción en cuales quiera de las trayectorias no interrumpe el flujo de cargas en otras trayectorias, **pues** cada bombillo funciona en forma independiente de los demás, y los demás siguen encendidos”, para la P8: “En la figura 1 tenemos un circuito en serie, **por lo tanto**, la corriente siempre es la misma para las bombillas, **es decir**, los electrones recorren el mismo camino, **esto es**, ambos bombillos tienen una mayor resistencia total provocando una menor luminosidad; **mientras** en la figura 3 que es un circuito en paralelo, la corriente es la división del voltaje constante suministrado por la fuente entre la resistencia de la bombilla de la rama del circuito, causando una mayor luminosidad en los bombillos, pues esto son iguales”

De lo anterior se puede deducir que el estudiante hace uso correctamente del modelo de Ohm, por lo que tiene bastante claro los conceptos y características de un circuito en serie, pues reconoce que la suma de las resistencias cuando es muy grande genera una menor intensidad de corriente como también interpreta que la corriente tiene un único camino, quedando abierto el circuito, es decir, “una interrupción en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, y cesa el paso de los electrones. Si se funde un filamento de una bombilla, o simplemente si se abre el interruptor, se puede causar esa interrupción, como, la corriente en el circuito es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito. Esto es congruente con la ley de Ohm” (Hewitt, 207, p. 448), así como para el circuito en paralelo, reconoce que el voltaje suministrado por la fuente es constante para cada bombillo y que la corriente tiene otras trayectorias, es otras palabras, “una interrupción en cualesquiera de las trayectorias no interrumpe el flujo de cargas en las otras trayectorias. Cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás, la corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo. Como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley de Ohm se aplica por separado a cada ramal” (Hewitt, 207, p. 450). Además, se evidenció un avance en la superación del obstáculo entre los conceptos de voltaje e intensidad de corriente, pues para la P8 en el momento inicial la figura 3 era la que presentaba mayor luminosidad, “*En un circuito en paralelo el voltaje es el mismo, los bombillos iluminarán con mayor intensidad*”, y logró entender a partir de las diferentes actividades propuestas que el voltaje mueve la corriente mientras que la resistencia la impide.

Seguidamente se aborda el modelo de Kirchhoff, con las preguntas 9 y 10 donde se dan dos configuraciones distintas sobre circuitos mixtos, las respuestas dadas por el estudiante fueron: P9: “*El esquema mostrado es un circuito mixto, **pues** en él hay conexiones en paralelo y serie, **por lo tanto**, el bombillo que iluminará con mayor intensidad es el D, **ya que** en un circuito en paralelo la corriente total se divide en las tres ramas del circuito y luego la corriente que llega al bombillo D es la suma de las corrientes de tres ramas, **tal como** lo dice la ley de Kirchhoff, en cualquier nudo la suma de las corrientes que entran*

debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen”, para la P10 la respuesta fue la siguiente: *“En la figura tenemos un circuito mixto, conexiones en serie y paralelo, **por lo tanto**, los bombillos que brillaran con mayor intensidad son los conectados en serie, estos son los A, B y E, **pues** en serie la corriente es la misma, **mientras** que los bombillos C y D al estar conectados en paralelo la intensidad de corriente es menor, **pues** la corriente total en el circuito se divide en las dos ramas, y luego el bombillo E recibe nuevamente la corriente total que hay en el circuito, nuevamente se cumple con la ley de Kirchhoff, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen”*.

Todo esto parece confirmar, que el estudiante comprende el modelo Kirchhoff, al afirmar que la corriente total se divide cuando llega a un nudo y se distribuye, que la que ingresa es igual a la que sale, por lo cual “para resolver circuitos más complejos, ya no es suficiente la ley de Ohm. Por tal razón se recurre, a dos leyes muy prácticas que propuso Kirchhoff, a mediados del siglo XIX. La primera ley, denominada la ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores, en esta ley se afirma que: en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen, es decir: $i_1 = i_2 = i_3$ ” (Ballén, 2011, p.199).

Con respecto al modelo al modelo de Volta se trabajó con las preguntas número 1 y 3; las cuales dicen: En la vida diaria se han visto algunos de los siguientes aparatos: una linterna; un radio portátil; una calculadora electrónica; juguetes eléctricos con baterías; ¿Explique el funcionamiento de los aparatos anteriormente mencionados?, De acuerdo con las figuras mostradas, comente en cuál de las dos, el bombillo tendrá mayor luminosidad y porqué. Las respuestas dadas por el estudiante fueron, en la pregunta 1: *“que todos estos elementos o aparatos tienen un circuito eléctrico, que consta de unos elementos que unidos en forma adecuada permite el paso de electrones, uno de esos elementos es un generador (pila, batería), que es capaz de mantener una diferencia de potencial entre los extremos de un conductor”*, para la pregunta 3, respondió: *“El bombillo que tendrá mayor luminosidad es el de la figura 2, **porque** tiene dos generadores (pilas) conectados en serie, es decir, hay mayor voltaje, **por lo tanto** se mueve más corriente, hay mayor fuerza de las pilas para*

separar las cargas y mantenerlas separadas, en otras palabras, el voltaje es directamente proporcional a la corriente”.

Es por esto, que en el estudiante se vislumbra el modelo de Volta tal cual como lo afirma Guisasola, Montero, & Fernández, (2008), “La ‘fuerza electromotriz’ de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas”, pues en sus respuestas se evidencia la importancia de un generador como la pila o batería, capaz de generar una diferencia de potencial, e igualmente identifica algunos elementos que constituyen un circuito eléctrico, Profesor en Línea, (2015), “como un aporte o fuente de energía eléctrica, como la pila, como un material metálico que permita la circulación de la corriente y un receptor que absorbe la energía eléctrica” así como “para que un circuito funcione es necesario crear un camino por el cual los electrones puedan circular. Cuando esto ocurre se dice que el circuito está cerrado. Si se desconecta el interruptor o alguno de los cables la corriente deja de fluir y se dice que el circuito está abierto.” (Ballén, 2011, p.195).

A su vez, se formularon las siguientes preguntas correspondientes al modelo de Coulombiano, la pregunta 2; De acuerdo con las figuras No.1,2,3,4,5 y 6 mostradas a continuación, observe en cuál de ellas se enciende el bombillo y en cuáles no; justifique todas sus respuestas y la pregunta 11, ¿Cuál es la diferencia entre un circuito abierto y un circuito cerrado?, las respuestas a las preguntas anteriores fueron, P2: *“el bombillo se enciende en la figura No. 1, 2, 3 y 5, porque el circuito eléctrico queda cerrado, es decir, la corriente puede circular ininterrumpidamente, por lo tanto, los electrones circularan a través del cable conductor desde el polo positivo hasta el polo negativo de la pila pasando por el filamento de la bombilla, por lo que los cuerpos cargados de distinto signo se atraen a través del hilo conductor, mientras no ocurre lo mismo en las figuras 4 y 6”* y a la P11: *“la diferencia radica en los elementos de maniobra que permiten interactuar y controlar el circuito eléctrico según nuestras necesidades, en nuestro caso, es el interruptor, sirve para realizar operaciones de dejar pasar o no la corriente eléctrica por toda la instalación eléctrica, donde lo único que hace es enlazar el circuito mediante la acción de una pieza mecánica, cuando pasa hablamos de un circuito cerrado porque los electrones circulan o se atraen a través del hilo conductor”*

Todo esto parece confirmar, que el estudiante se ubica dentro del modelo Coulombiano, en donde según Guisasola, Montero, & Fernández, (2008), “La fuerza electromotriz de la pila no es otra cosa que la capacidad que tienen algunos cuerpos de generar electricidad en otros, cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen a través de un conductor que los une” allí él menciona la pila como fuente generadora por donde los electrones circulan desde el polo positivo hasta el polo negativo a través del cable, es decir, tiene claro que los cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen.

5.14.2 Estudiante 3

Las respuestas obtenidas del E3 de las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se indaga sobre el modelo de Ohm fueron:

P4: “En la figura 1 ambas bombillas reciben la misma corriente por ser un circuito en serie, pero estas tendrán mayor luminosidad **porque** hay menor cantidad de resistencias (bombillas), en la figura 2 igualmente circulará la misma corriente por el circuito, pero la luminosidad de las bombillas será menor, **puesto** que los electrones tienen solo un único camino, pero la corriente es inversamente proporcional a la resistencia, a menor número de bombillas mayor intensidad de corriente”

P5: “En un circuito en paralelo, la corriente total se divide entre las ramas del circuito y como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma, pero como las bombillas son idénticas, en ambas figuras las bombillas tendrán la misma luminosidad, **por lo tanto**, en la figura 4 habrá mayor circulación de corriente total **pues** a medida que aumenta la cantidad de ramas en paralelo, disminuye la resistencia total del circuito, **esto** significa que la resistencia total del circuito es menor que la resistencia de cualquier rama, pero no altera la luminosidad de los bombillos, sigue siendo la misma tanto en la figura 3 como la 4”

P6: “Como en un circuito en serie la corriente o los electrones tienen un único camino, al presentarse una interrupción en cualquier parte de la trayectoria, como quitar o que se funda

un bombillo, inmediatamente cesa el paso de electrones, quedando el circuito abierto, **por lo tanto**, los otros bombillos no encenderán”

P7: “Como los circuitos están en paralelo, una interrupción en cuales quiera de las trayectorias como quitar o que se funda un bombillo no interrumpe el flujo de cargas (electrones) en las otras trayectorias, **por lo tanto**, las otras bombillas seguirán encendidas, **porque** cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás”

P8: “En la figura 3 los bombillos tendrán mayor luminosidad, **puesto** que están en paralelo, como el voltaje a través de cada rama es el mismo y como la resistencia total es baja con cada trayectoria entonces, la corriente total será mayor, **pues** está es igual a la suma de las corrientes en sus ramas paralelas, presentando mayor luminosidad los bombillos, **mientras** que en un circuito en serie la corriente es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito y como esta es mayor entonces la corriente será menor, **por lo tanto**, la luminosidad de los bombillos será mucho menor que los que están en paralelo”

Por lo anterior, podemos afirmar que el estudiante se ubica dentro el modelo de Ohm, pues tiene claro las características de este modelo como lo afirma Guisasola, Montero, & Fernández (2008), “La corriente eléctrica circula por el circuito debido a la diferencia entre los valores de ‘fuerza electroscopica’ (densidad superficial de carga) entre dos puntos del mismo” como también, “La corriente en el circuito en serie es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito. Esto es congruente con la ley de Ohm; una interrupción en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, y cesa el paso de los electrones. Si se funde un filamento de una bombilla, o simplemente si se abre el interruptor, se puede causar esa interrupción” (Hewitt, 2007, p.448).

Además, las características del circuito en paralelo “La corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo. Como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la

misma; la ley de Ohm se aplica por separado a cada ramal. La corriente total en el circuito es igual a la suma de las corrientes en sus ramas paralelas” (Hewitt, 2007, p.448).

Por otro lado, se dimensiona que el estudiante fue capaz de expresar, comprobar y justificar su propio modelo tal como lo afirma (Justi, 2006) donde uno de los argumentos que justifican el papel que los modelos deben desempeñar en la enseñanza de las ciencias, es ser capaces de evaluar el papel de los mismos en el desarrollo y difusión de los resultados de la indagación científica.

Con respecto al modelo de Kirchhoff, las respuestas obtenidas de las preguntas 9 y 10 que indagan sobre dicho modelo son:

P9: “El bombillo D, **porque** la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen, **por lo tanto**, la corriente total se divide entre las ramas en paralelo, para luego salir nuevamente y pasar toda la corriente total al bombillo D, el esquema es el de un circuito mixto”

P10: “Los bombillos A, B y E tendrán mayor luminosidad, **porque** estos tres están en serie y **por lo tanto** en serie la corriente total es la misma, luego esta se divide entre las ramas del paralelo, así la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de las corrientes que salen, proporcionando nuevamente la corriente total al bombillo E, **por esto** los tres presentaran mayor brillo, el circuito presentado es mixto”

Se infiere que, el estudiante interpreta el modelo Kirchhoff, puesto que maneja el concepto fundamental de este modelo tal como la afirma Ballen (2011), “La primera ley, denominada la ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores. Kirchhoff en esta ley afirma que: en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen”

En cuanto al modelo de Volta, las respuestas derivadas de las preguntas 1 y 3 son:

P1: “Para su funcionamiento todos los aparatos necesitan de una fuente o generador de corriente eléctrica como son las pilas, o baterías, el transporte de está, se realiza a través de unos cables que después llegan a otros elementos que transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía, **por ejemplo**, las bombillas transforman la energía eléctrica en luz, los motores en movimiento”

P3: “La figura No. 2, **porque** el voltaje mueve la corriente, **es decir**, a mayor voltaje mayor intensidad de corriente eléctrica, mayor flujo de electrones, **pues** se encuentran conectadas las dos pilas en serie, provocando mayor luminosidad en el bombillo”

Por consiguiente, el estudiante comprende que fue Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (18 de febrero de 1745 – 5 de marzo de 1827) logró construir la primera pila eléctrica, revolucionó el uso de la electricidad y dio al mundo uno de sus mayores beneficios, el control de la circulación de una corriente eléctrica, como también lo afirma Guisasola, Montero, & Fernández, (2008), “La ‘fuerza electromotriz’ de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas”, por lo tanto, podemos reafirmar que el estudiante logró concebir la importancia de dicho modelo.

En relación con el modelo Coulombiano, con las preguntadas 2 y 11 formuladas, las respuestas dadas por el E3 fueron:

P2: “El bombillo enciende en las figuras No. 1, 2, 3 y 5, **porque** el circuito eléctrico está cerrado, **es decir**, que la corriente eléctrica o los electrones puede circular a través del cable desde el polo positivo hasta el polo negativo de la pila pasando por el bombillo, en los otros casos el bombillo no enciende **porque** el circuito está abierto, no hay conexión entre el polo positivo y negativo y el bombillo”

P11: “En un circuito cerrado el interruptor al cerrarlo permite el flujo y paso de los electrones permitiendo que la energía eléctrica circule y se transforme en luz cuando pase por el receptor, en este caso por el bombillo; **mientras** un circuito abierto el interruptor no permite el paso de la corriente eléctrica o el flujo de los electrones”

En conclusión, podemos decir que el estudiante alcanzó a dimensionar la característica importante de este modelo tal como la afirma Guisasola, Montero, & Fernández, (2008), “La fuerza electromotriz de la pila no es otra cosa que la capacidad que tienen algunos cuerpos de generar electricidad en otros y que los Cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen a través de un conductor que los une”

5.14.3 Estudiante 4

Las respuestas dadas por el E4 de las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se indaga sobre el modelo de Ohm fueron:

P4: “Como la resistencia total es igual a la suma de las resistencias individuales a lo largo de la trayectoria por el circuito, **porque** están en serie, **por lo tanto**, en la figura 3 como hay mayor número de resistencias (bombillos) la corriente que circulará por todo el circuito será menor, **por lo cual**, la iluminación será muy pequeña, **por lo anterior**, habrá mayor iluminación en la figura 1 **pues** hay menos resistencia (bombillos) provocando una mayor intensidad de corriente y mayor luminosidad de los bombillos, ”

P5: “Tanto en la figura 3 y 4 presentaran la misma luminosidad los bombillos, **pues** son conexiones en paralelo, donde la corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo y como el voltaje es el mismo por cada rama, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley de ohm se aplica por separado a cada rama, pero como los bombillos son idénticos por eso tendrán la misma luminosidad”

P6: “Si se funde o quita un bombillo de los circuitos en serie, el circuito queda abierto, **es decir**, no habrá paso de corriente, **por ende**, los demás bombillos no encenderán puesto que la corriente solo tiene un único camino”

P7: “Cuando se desconecte o se quemé un bombillo en un circuito en paralelo, los demás seguirán funcionando, **porque** la corriente total se divide entre las ramas del circuito, **ya que** cada bombillo funciona independiente de los demás”

P8: “En la figura No. 3 brillarán los bombillos con mayor intensidad, **debido** a que el voltaje es el mismo y la resistencia total del circuito es menor que la resistencia de cualquier rama, **por lo tanto**, la corriente total es mayor y está a su vez es igual a la suma de las corrientes en sus ramas paralelas, **mientras** que en un circuito en serie la resistencia total es mayor a las resistencias del circuito, por lo que la corriente total es menor”

En consecuencia, se logra vislumbrar que el estudiante tiene más claro las características del modelo de Ohm, tal como afirma Guisasola, Montero, & Fernández, (2008), “La corriente eléctrica circula por el circuito debido a la diferencia entre los valores de ‘fuerza electroscópica’ (densidad superficial de carga) entre dos puntos del mismo” así como lo afirma Hewitt (2007), “En un circuito en paralelo, una interrupción en cuales quiera de las trayectorias no interrumpe el flujo de cargas en las otras trayectorias. Cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás”

“La corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo. Como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley de Ohm se aplica por separado a cada ramal. A medida que aumenta la cantidad de ramas en paralelo, disminuye la resistencia total del circuito. La resistencia total baja con cada trayectoria que se agregue entre dos puntos cualesquiera del circuito. Esto significa que la resistencia total del circuito es menor que la resistencia de cualquier rama individual” (Hewitt, 2007, p.450).

De igual forma, Hewitt (2007) afirma “En un circuito en serie, una interrupción en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, y cesa el paso de los electrones. Si se funde un filamento de una bombilla, o simplemente si se abre el interruptor, se puede causar esa interrupción” así como también “La corriente en el circuito es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito. Esto es congruente con la ley de Ohm”

De ahí que, el estudiante pudo comprender mucho mejor este modelo y lograr clarificar esas dificultades con respecto a los conceptos de voltaje e intensidad de corriente, dejándole

claro que Georg Simón Ohm fue quien sentará las bases del estudio de la circulación de las cargas eléctricas en el interior de materias conductoras y formula la ley que relaciona las tres magnitudes más importantes: voltaje, intensidad y resistencia.

Por lo que se refiere al modelo de Kirchhoff, a partir de las preguntas 9 y 10 que indagan sobre dicho modelo, las respuestas dadas por el estudiante son:

P9: “El bombillo “D” iluminará con mayor intensidad **debido** que la corriente que entran a los bombillos A, B y C debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen, **por lo tanto**, toda la corriente total pasará al bombillo D causando mayor iluminación”

P10: “Los bombillos A, B y E brillaran con mayor intensidad **ya que** por ellos circula la corriente total del circuito, **mientras** que por los bombillos C y D la corriente total se divide entre las ramas en paralelo, y la corriente que entra por C y D debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen”

De igual forma, el estudiante entendió que, para resolver circuitos más complejos, no es suficiente la ley de Ohm. Por tal razón se recurre, a dos leyes muy prácticas que propuso Kirchhoff, que se utiliza en los circuitos mixtos, en la que Ballén (2011) afirma que “La primera ley, denominada la ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores. Kirchhoff en esta ley afirma que: en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen” pues se evidencia el uso correcto del modelo de Kirchhoff en las respuestas dadas en las preguntas 9 y 10.

En relación con el modelo de Volta, las respuestas derivadas de las preguntas 1 y 3 son:

P1: “Los aparatos funcionan mediante una batería o pila (generadores) que son los que proporcionan energía eléctrica y está es transformada en otro tipo de energía en forma de luz, sonido, calor, movimiento, dicho transporte se realiza a través de cables”

P3: “En la figura No. 2 tendrá mayor luminosidad **debido** a que hay mayor intensidad de corriente, debido a que hay mayor voltaje, **es decir**, el voltaje es directamente proporcional a la corriente”

Definitivamente, en el estudiante se evidencia la capacidad de expresar, comprobar y justificar el modelo Volta, con la respuesta proporcionada en la pregunta 1 donde tiene claro que los circuitos eléctricos funcionan a partir de un generador como lo son una pila o una batería, tal como lo afirma Guisasola, Montero, & Fernández, (2008), “La ‘fuerza electromotriz’ de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas” y que fue Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (18 de febrero de 1745 – 5 de marzo de 1827) quién logró construir la primera pila eléctrica, que revolucionó el uso de la electricidad y dio al mundo uno de sus mayores beneficios, el control de la circulación de una corriente eléctrica, cuando afirma el estudiante que a mayor voltaje mayor intensidad de corriente.

En cuanto al modelo Colombiano, con las preguntadas 2 y 11 formuladas, las respuestas dadas por el E4 fueron:

P2: “Los bombillos encienden en las figuras No. 1, 3 y 5, **porque** el circuito se encuentra cerrado, **es decir**, el cable está haciendo contacto con los polos positivo y negativo pasando por el bombillo, de esta forma podrán circular los electrones”

P11: “Un circuito abierto es donde no hay paso de la corriente eléctrica, **pues** el interruptor no permite el flujo de electrones, y un circuito cerrado es donde si hay paso de electrones a través de un conductor, donde la energía eléctrica se transforma en energía luminosa”

Para concluir, podemos afirmar que en el estudiante se evidencia también un gran avance con respecto al modelo Colombiano, pues tiene claro que la carga en este caso los electrones necesitan de un camino para transitar, en este caso un conductor, y de la capacidad para generar electricidad, pues afirma que la energía eléctrica se transforma en energía luminosa, tal como afirma Guisasola, Montero, & Fernández, (2008), “La fuerza

electromotriz de la pila no es otra cosa que la capacidad que tienen algunos cuerpos de generar electricidad, y que cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen a través de un conductor que los une en otros”

En definitiva, podemos concluir que en el estudiante 4 se evidencia que logró identificar y reconocer esas características respectivas de cada modelo explicativo sobre el concepto de circuito eléctrico.

5.14.4 Estudiante 5

Las respuestas a las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se indaga sobre el modelo de Ohm dadas por la estudiante E5 son:

P4: “En la figura No. 1 habría más luminosidad en los dos bombillos **puesto** que la pila de 4,5 V proporciona más energía a menos receptores, y a mayor número de receptores (bombillos) menor será la corriente, **pues** los circuitos están en serie, esto es congruente con la ley de Ohm, que nos afirma que la corriente es inversamente proporcional a la resistencia”

P5: “En la figura No. 3 y No. 4 el voltaje será igual para cada dispositivo **porque** las conexiones son en paralelo, como los bombillos son idénticos, **entonces** la corriente total se divide en el número de ramas que hay, pero la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma, la ley de Ohm se aplica por separado a cada rama, **por tal motivo** en ambas conexiones la luminosidad de los bombillos será la misma”

P6: “Al quitarse o quemarse un receptor (bombillo), todos los demás bombillos se apagarán, debido a que la conexión está en serie y el circuito quedará abierto, **porque** solo tienen un único camino los electrones en el circuito”

P7: “Al quitarse o quemarse un bombillo, los demás bombillos funcionarán igualmente **puesto que** están en paralelo, **por lo tanto**, dicha interrupción no interrumpe el flujo de

electrones en las otras ramas del circuito, **pues** cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás”

P8: “La figura No. 3 brillará con mayor intensidad, **pues** el voltaje suministrado es el mismo para los dos bombillos ya que está en paralelo, **por lo tanto**, a medida que aumenta la cantidad de ramas, disminuye la resistencia total del circuito lo que causa un aumento en la corriente total del circuito, **mientras** que en serie la resistencia total aumenta causando una disminución de la corriente, esto es congruente con la ley de Ohm”

En consecuencia, podemos concluir que en la estudiante se comprueba un avance en el modelo de Ohm, ya que describe y explica claramente las características de dicho modelo cuando menciona que un circuito serie la corriente tiene un solo camino, que se causa una interrupción cuando en un bombillo se quema o se quita, igualmente en un circuito en paralelo señala que la corriente tiene varios caminos o trayectorias, que el voltaje es el mismo para cada dispositivo y que cada uno de ellos funciona de forma independiente, comprende que Georg Simón Ohm sentó las bases del estudio de la circulación de las cargas eléctricas en el interior de materias conductoras y formuló la ley que relaciona las tres magnitudes más importantes: voltaje, intensidad y resistencia, así mismo, como lo afirma Guisasola, Montero & Fernández (2008), “La corriente eléctrica circula por el circuito debido a la diferencia entre los valores de ‘fuerza electroscópica’ (densidad superficial de carga) entre dos puntos del mismo”, por otra parte, como lo afirma Hewitt (2007), “La corriente eléctrica sólo tiene una ruta a través del circuito en serie. Eso significa que la corriente que pasa por la resistencia de cada dispositivo eléctrico a lo largo de la trayectoria es la misma, como también una interrupción en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, y cesa el paso de los electrones. Si se funde un filamento de una bombilla, o simplemente si se abre el interruptor, se puede causar esa interrupción.” además, afirma “2. La corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo. Como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley de Ohm se aplica por separado a cada ramal; y que una interrupción en cuales quiera de las trayectorias no

interrumpe el flujo de cargas en las otras trayectorias. Cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás”

De ahí la evolución conceptual que muestra la E5 y que nos lleva a pensar que interpreto correctamente las características del modelo de Ohm.

Las preguntas 9 y 10 que hacen referencia al modelo de Kirchhoff, la E5 respondió de la siguiente forma:

P9: “Para resolver un circuito mixto, no es suficiente con la ley de Ohm, **por tal razón** se recurre a una ley de Kirchhoff, la primera denominada ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores, esta ley afirma que, en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran es igual a la suma de todas las corrientes que salen, **por tal motivo** el bombillo que brillará con mayor intensidad es el D”

P10: “Los bombillos A, B y E iluminarán o brillarán con mayor intensidad, **puesto** que están en serie y por ellos circula la misma corriente total del circuito, **mientras** que en C y D se rigen por la ley de Kirchhoff, la corriente total se divide pues están en paralelo y la corriente que entra es igual a la que sale”

Por todo esto, se consigue evidenciar que la E5 cita y demuestra la apropiación de una de las características fundamentales del modelo de Kirchhoff cuando menciona que en cualquier nudo del circuito la suma de todas las corrientes que entran es igual a la suma de todas las corrientes que salen, así como lo afirma Ballén (2011), “La primera ley, denominada la ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores, Kirchhoff en esta ley afirma que: en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen, es decir: $i_1 = i_2 = i_3$ ”

En cuanto al modelo de Volta, que están relacionadas con las preguntas 1 y 3 las respuestas dadas por la E5 son:

P1: “Estos aparatos necesitan de una fuente de alimentación (pila, batería) que proporciona energía, a través de cables por medio de un interruptor que permite el paso de electrones, que llegan a bombillos, motores, **es decir**, hay una transformación de la energía eléctrica a lumínica, cinética, calorífica, sonora”

P3: “En la figura No. 2 ya que los voltios de las dos pilas se suman **porque** están en serie proporcionando mayor luminosidad al bombillo, **es decir**, mayor intensidad de corriente, debido a que el voltaje es directamente proporcional a la corriente, **mientras** en la figura No. 1 hay menor luminosidad (menos corriente), **pues** hay menor voltaje”

Por tanto, la E5 explica la importancia que tiene la fuente de alimentación, como lo es la pila, la encargada de transmitir la energía, de mover la corriente y la mayor cantidad de electrones, pues comprende la importancia de Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta quién logró construir la primera pila eléctrica, revolucionó el uso de la electricidad y dio al mundo uno de sus mayores beneficios, el control de la circulación de una corriente eléctrica, así como también lo afirma Guisasola, Montero, & Fernández (2008), “La ‘fuerza electromotriz’ de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas”, de modo que la estudiante logró interpretar y justificar el modelo de Volta.

Por otro lado, con respecto al modelo Colombiano, las preguntas 2 y 11 formuladas para este modelo, las respuestas entregadas por la E5 fueron:

P2: “Se enciende el bombillo en las figuras No. 1, 2, 3, y 5, teniendo en cuenta que cable conductor posee contacto con ambos polos de la pila y el bombillo permitiendo el paso de la energía, **es decir**, el circuito está cerrado, y hay flujo de electrones sin ninguna interrupción”

P11: “En un circuito cerrado hay paso de energía por el conductor, **es decir**, los electrones pueden circular sin ningún problema por el circuito, **mientras** en el circuito abierto se suspende la energía, el paso de electrones, **debido** a que el interruptor no permite el paso de estos”

De lo anterior, la estudiante interpreta lo que es un circuito cerrado, como las partes básicas de este, cuando nos habla de una pila, cable conductor, un interruptor, un receptor que es el bombillo y de cómo circulan los electrones, por esto, E5 reconoce la importancia de dichos elementos en un circuito eléctrico, tal como nos lo afirma Ballén (2011), “Para que un circuito funcione es necesario crear un camino por el cual los electrones puedan circular. Cuando esto ocurre se dice que el circuito está cerrado. Si se desconecta el interruptor o alguno de los cables la corriente deja de fluir y se dice que el circuito está abierto”, como también lo afirma Guisasola, Montero, & Fernández (2008), “Cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen a través de un conductor que los une” así mismo que “La fuerza electromotriz de la pila no es otra cosa que la capacidad que tienen algunos cuerpos de generar electricidad en otros”, por consiguiente, en la estudiante se logró comprobar esa apropiación del modelo de Volta.

5.14.5 Estudiante 6

Para las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se indaga sobre el modelo de Ohm, el estudiante E6 respondió así:

P4: “La figura No.1 su luminosidad va hacer más intensa por su número de bombillos, **es decir**, tienen menor número de receptores lo cual hace que tenga mayor corriente total el circuito, **mientras** que la figura No. 2, va hacer menor la luminosidad **porque** hay mayor número de bombillos, mayor número de resistencias que aumenta la resistencia total, **por lo tanto**, menor corriente en el circuito, **pues** los circuitos están en serie”

P5: “Como el voltaje es el mismo, en las dos figuras tanto la 3 y 4 la luminosidad de los bombillos va a ser igual ya que estos son idénticos, como están en paralelo la corriente es el cociente del voltaje entre el valor de cada resistencia, **por tal razón** presentan la misma luminosidad”

P6: “Al quitarse o quemarse un bombillo inmediatamente se apagará **porque** no habrá paso de corriente, **pues** en un circuito en serie, está solo tiene una trayectoria o camino, lo que causa que los electrones no circulen”

P7: “Al quitar un bombillo o quemarse los otros bombillos no se apagarán **pues** cada bombillo funciona de forma independiente, a los demás le llega corriente **porque** en un circuito en paralelo no se interrumpe el flujo de electrones en las otras trayectorias”

P8: “La figura No. 3 los bombillos tendrán mayor luminosidad **porque** está en paralelo, donde el voltaje es constante, y la corriente es el cociente entre el voltaje y el valor de la resistencia, **en este caso**, los bombillos son iguales, **mientras** que la figura No. 1 el circuito está en serie, la resistencia total del circuito es mayor, **por tanto**, la corriente es menor, provocando menor luminosidad en los bombillos”

De acuerdo con lo anterior, el E6 relaciona algunas características fundamentales de un circuito en serie como, por ejemplo, al mencionar que hay mayor corriente o mayor iluminación en los bombillos cuando existe menor resistencia en el circuito, como también cita que en este al quitar un bombillo inmediatamente se apagará los otros porque se interrumpe el paso de la corriente, así como la afirma Hewitt (2007), “La corriente en el circuito es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito. Esto es congruente con la ley de Ohm” así mismo, afirma que “Una interrupción en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, y cesa el paso de los electrones. Si se funde un filamento de una bombilla, o simplemente si se abre el interruptor, se puede causar esa interrupción”

De igual forma menciona características de un circuito en paralelo, pues afirmar que el voltaje es el mismo, y que la corriente es el cociente entre el voltaje y la resistencia de cada bombilla, y que al quitar un bombillo los demás seguirán funcionando porque los demás bombillos funcionan de forma independiente, “La corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo. Como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley

de Ohm se aplica por separado a cada ramal. Una interrupción en cuales quiera de las trayectorias no interrumpe el flujo de cargas en las otras trayectorias. Cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás” (Hewitt, 2007, p.450).

En definitiva, el E6 explica correctamente esas características importantes del modelo de Ohm como también interpreta claramente la ley que relaciona las tres magnitudes más importantes: voltaje, intensidad y resistencia, pues comprende que el voltaje es directamente proporcional a la corriente, y que esta a su vez es inversamente proporcional a la resistencia.

Por lo que se refiere al modelo de Kirchhoff, a partir de las preguntas 9 y 10 que indagan sobre dicho modelo, las respuestas dadas por el estudiante son:

P9: *“El bombillo D va a tener mayor luminosidad **porque** a este llegan todas las cargas de los otros tres bombillos, **pues** en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las que salen, **pues** la corriente total es la que pasa por el bombillo D y esta se distribuye en el nudo por los bombillos A, B y C”*

P10: *“Los bombillos A, B y E tendrán mayor luminosidad **porque** por ellos pasará la corriente total del circuito y cuando llega al nudo esta se distribuye por los bombillos C y D, por lo que C y D presentarán menor luminosidad, **es decir**, que ellos la suma de toda la corriente que entra es igual a la suma de la que sale, produciendo que el bombillo E, A y B tengan la mayor que es por donde pasan la corriente total”*

De lo anterior, el estudiante reconoce que, en un circuito mixto, la corriente total en un nudo se distribuye, que la corriente que entra es igual a la que sale, “La primera ley, denominada la ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores. Kirchhoff en esta ley afirma que: en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen, es decir: $i_1 = i_2 = i_3$ ” (Ballén, 2011, p.199).

Por lo tanto, E6 identifica claramente una de las leyes del modelo de Kirchhoff, de esta manera podemos concluir que usa y entiende correctamente la ley del nudo para un circuito mixto.

En cuanto al modelo de Volta, las respuestas dadas a las preguntas 1 y 3 son:

P1: *“Todos los aparatos electrónicos utilizan baterías o pilas, que hacen que las cargas circulen por unos cables y que lleguen a un bombillo, motor, que producen luz o movimiento”*

P3: *“En la figura No. 2 tendrá mayor luminosidad **porque** tiene mayor voltaje, **pues** hay dos pilas conectadas una en seguida de otra, produciendo mayor movimiento de cargas, mayor corriente eléctrica, en la figura No. 1 solo hay una sola pila, menor voltaje menor corriente”*

Se vislumbra claramente que el estudiante entiende que, para el funcionamiento de cualquier circuito eléctrico, es indispensablemente una pila que es la encargada de proporcionar la energía, y que se necesitan de otros elementos básicos, como un cable conductor, un receptor, tal como afirma Guisasola, Montero, & Fernández (2008), “La ‘fuerza electromotriz’ de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas” así como también afirma Ballén (2011), “En un circuito elemental, destacan los siguientes constituyentes básicos: Fuente de energía eléctrica, conductores, elemento receptor que absorbe la energía eléctrica y la transforma en otra, interruptor o elemento de control”

En definitiva, el E6 identifica la importancia de Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta quién logró construir la primera pila eléctrica, revolucionó el uso de la electricidad y dio al mundo uno de sus mayores beneficios, el control de la circulación de una corriente eléctrica. De esta forma comprende una de las características importante del modelo de Volta.

En relación con el modelo Coulombiano, con las preguntadas 2 y 11 formuladas, las respuestas dadas por el E6 fueron:

P2: *“Enciende en la figura No. 1, 2, 3 y 5 **porque** las cargas o la corriente circula por los dos polos pasando por el bombillo, **mientras** que en la figura No. 4 y 6 no encenderá el bombillo **pues** el cable no está conectado a los dos polos, solo aparece conectado a uno solo y al bombillo, el circuito queda abierto lo que hace que la carga o corriente no circule”*

P11: *“Que en un circuito cerrado va a ver paso para la corriente produciendo que el bombillo encienda, en un circuito abierto no habrá paso de la corriente, **pues** el interruptor no permite que haya paso de cargas o electrones para que el bombillo se ilumine”*

Por todo esto, el estudiante entiende que un circuito cerrado es un circuito eléctrico, que transporta energía eléctrica, partiendo de un generador hacia los receptores y volviendo al origen, tal como afirma Guisasola, Montero, & Fernández (2008), “Cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen a través de un conductor que los une” así como también afirma Ballén (2011), “Para que un circuito funcione es necesario crear un camino por el cual los electrones puedan circular. Cuando esto ocurre se dice que el circuito está cerrado. Si se desconecta el interruptor o alguno de los cables la corriente deja de fluir y se dice que el circuito está abierto”

Por todo esto, el E6 interpretó correctamente las particularidades importantes del modelo Colombiano.

5.14.6 Estudiante 10

Las respuestas dadas acerca de las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se indaga sobre el modelo de Ohm fueron:

P4: “En la figura 1 habrá más iluminación **ya que** solamente están conectadas en serie dos resistencias (bombillos) **es decir** hay menor resistencia, lo que produce una mayor intensidad de corriente, mayor iluminación en los bombillos, por lo que en la figura 2 hay mayor número de resistencias (bombillos), **por tanto**, menor corriente en el circuito, causando menor luminosidad”

P5: “En la figura 1 y 2 la luminosidad será igual en cada bombillo, **ya que** su voltaje es el mismo que proporciona la fuente, **porque** es un circuito en paralelo, donde la corriente es la división entre el voltaje y la resistencia, **en este caso**, los bombillos los cuales son idénticos, lo cual produce la misma iluminación de los bombillos en ambos circuitos”

P6: “Las dos figuras son circuitos en serie, **entonces** si se quema o quita un bombillo los demás no se encenderán ya que uno depende del otro, **es decir**, la corriente tiene solo un camino”

P7: “Las dos figuras son un circuito paralelo, **entonces** cuando una bombilla se apague las otras seguirán funcionando igualmente, **pues** estas no dependen de la otra, la corriente tiene varios caminos, permitiendo que las otras bombillas sigan encendidas”

P8: “En la figura 3 brillará más, **ya que** su resistencia que se opone al paso de la corriente es menor y la diferencia de potencial es igual **debido** a que el circuito está en paralelo, en la figura 1 hay mayor resistencia **porque** en un circuito en serie la resistencia es mayor produciendo menor corriente, **por tanto**, menor luminosidad en los bombillos”

En consecuencia, la estudiante interpreta en las preguntas P4, P6 y P8 algunas de las características de un circuito en serie como la resistencia total es la suma de las resistencias del circuito y que a mayor resistencia menor es la intensidad de corriente en el circuito, e igualmente que la corriente eléctrica solo tiene una ruta o único camino, así como lo afirma Hewitt (2007), “La corriente en el circuito es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito. Esto es congruente con la ley de Ohm” como también “Al final los electrones recorren todo el circuito (pasa la misma

cantidad de corriente por la batería). Es el único camino de los electrones en el circuito. Una interrupción en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, y cesa el paso de los electrones”

Además, para las preguntas P5, P7 y P8 la E10 identifica esas características del circuito en paralelo afirmando que el voltaje es constante, donde la corriente en cada rama es el cociente entre el voltaje y la resistencia de cualquier rama individual, y que la corriente tiene varios caminos, en otras palabras, “Se dice que los dispositivos eléctricos conectados con los dos mismos puntos de un circuito eléctrico están conectados en paralelo. El trayecto de la corriente de una terminal de la batería a la otra se completa si sólo una bombilla está encendida. Una interrupción en cuales quiera de las trayectorias no interrumpe el flujo de cargas en las otras trayectorias. Cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás. La corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo. Como el voltaje a través de cada rama es el mismo, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley de Ohm se aplica por separado a cada ramal” (Hewitt, 2007, p.450)

Así pues, la estudiante logró relacionar y comprender que fue Georg Simón Ohm quien sentará las bases del estudio de la circulación de las cargas eléctricas en el interior de materias conductoras y formula la ley que relaciona las tres magnitudes más importantes: voltaje, intensidad y resistencia. Por tanto, uso correctamente las características del modelo de Ohm.

En las preguntas 9 y 10 que indagan sobre modelo de Kirchhoff, las respuestas dadas por la estudiante fueron:

P9: *“La bombilla D iluminara más que las otras **ya que** está recibiendo la carga de las otras bombillas, donde la corriente total que ingresa para las bombillas A, B y C es la misma que sale y pasa por la bombilla D, **por esto** está ultima brillará con mayor intensidad”*

P10: “Las bombillas A, B y E tendrán mayor iluminación **ya que** estas circulan la mayor intensidad de corriente, en las bombillas C y D la corriente total se divide en dos, **es decir**, que la corriente que entra a estas dos es la misma que sale en el otro nudo, causando que la bombilla E tenga mayor iluminación como también en A y B **por donde** pasan la mayor cantidad de electrones, mayor corriente”

Dicho de otra manera, E10 identificó y comprendió que en aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores, la corriente total se divide y que la corriente que entra es igual a la que sale, concretamente “Para resolver circuitos más complejos, ya no es suficiente la ley de Ohm. Por tal razón se recurre, a dos leyes muy prácticas que propuso Kirchhoff, a mediados del siglo XIX. La primera ley, denominada la ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores. Kirchhoff en esta ley afirma que: en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen, es decir: $i_1 = i_2 = i_3$ ” (Ballén, 2011, p.199).

En efecto, la estudiante uso está ley tan indispensable para dar solución a las P9 y P10 para dar justificar lo sucedido en el circuito, por lo cual, E10 describió acertadamente una de las características del modelo de Kirchhoff.

Por otro lado, las respuestas dadas por la E10 a las preguntas 1 y 3 que hacen referencia al modelo de Volta son:

P1: “En el funcionamiento de los aparatos electrónicos es necesario una fuente de alimentación como una pila o batería, donde **además** encontramos otros elementos que permiten el paso de electrones, como el cable conductor, y un receptor, que puede ser un bombillo o un motor, donde se produce luz o movimiento”

P3: “En la figura 1 como solo hay una sola pila, hay menor corriente, **es decir**, que el bombillo tendrá poca iluminación, en la figura 2 como hay dos pilas conectadas en serie

*habrá mayor voltaje, **por lo tanto**, mayor intensidad de corriente, lo cual generará mayor luminosidad en el bombillo”*

En conclusión, la estudiante justifica la importancia de la batería o la pila como fuente generadora de energía, por tanto, Alessandro Volta logró construir la primera pila eléctrica, revolucionó el uso de la electricidad y dio al mundo uno de sus mayores beneficios, el control de la circulación de una corriente eléctrica. Igualmente, como afirma Guisasola, Montero, & Fernández (2008), “La ‘fuerza electromotriz’ de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas”.

En definitiva, E10 interpretó características del modelo de Volta como que el voltaje mueve la corriente y que se necesitan de unos elementos capaces de aprovechar el paso de la corriente eléctrica como motores, resistencias, bombillas.

En cuanto al modelo Coulombiano, las respuestas proporcionadas por la E10 a las preguntadas 2 y 11, fueron:

P2: “El bombillo enciende en la figura 1, 2 3 y 5, **debido** a que el cable está conectado a los dos polos de la pila como **además** está comunicado con el bombillo, lo cual permite la circulación de los electrones, en la figura 4 y 6 no brillará el bombillo **ya que** solo está conectado a un polo y al bombillo, y la corriente no circulara **pues** el circuito se encuentra abierto, **es decir** no hace contacto con el otro polo, para que pueda encender el bombillo”

P11: “Un circuito cerrado es aquel que permite la circulación de la corriente y de esa forma permite en este caso que el bombillo encienda, **en cambio** el circuito abierto es aquel que no permite la circulación de la corriente, **pues** es el interruptor que no permite que haya el paso de los electrones”

Para finalizar, la estudiante logró identificar la diferencia entre un circuito cerrado y uno abierto, pues afirma que el bombillo se enciende porque la corriente circula sin ningún problema, es decir, “Para que un circuito funcione es necesario crear un camino por el cual los electrones puedan circular. Cuando esto ocurre se dice que el circuito está cerrado. Si se

desconecta el interruptor o alguno de los cables la corriente deja de fluir y se dice que el circuito está abierto” (Ballén, 2011, p.195).

En síntesis, en los estudiantes se presentó cambios en sus modelos explicativos sobre el concepto de circuito eléctrico, pues ellos lograron describir, reconocer y justificar las principales ideas de los diferentes modelos explicativos, partiendo desde el concepto de circuito elemental hasta llegar al circuito más complejo. Además, al finalizar en todas sus respuestas hace uso de modelos explicativos, de tal manera que el desarrollo de la unidad didáctica permitió el enriquecimiento conceptual de los estudiantes (Arzola et al. 2011; Camacho et al., 2012.).

Esto nos lleva a pensar, que las actividades diseñadas que se utilizaron durante la aplicación de la unidad didáctica pudieron haber aportado gradualmente en la apropiación de conocimientos específicos sobre el concepto de circuitos eléctricos y sus diferentes modelos explicativos, tal y como afirma (Greca, 1998), que la capacidad de comprender una teoría estará determinada por la capacidad del estudiante para formar modelos, que incluyan las relaciones fundamentales de la teoría y de los cuales sea posible extraer explicaciones y predicciones, que estén de acuerdo con las concepciones científicamente compartidas.

Para terminar, la enseñanza encaminada a partir de la construcción de modelos debe facilitar, que los estudiantes identifiquen los alcances y limitaciones de sus modelos construidos, desarrollen formas de pensar, expresar y explicar los fenómenos físicos, y participen en discusiones que permitan una proximidad a su naturaleza e historia.

5.15 ANÁLISIS DE LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS FINALES DE LOS ESTUDIANTES

Después de aplicar el instrumento final con el fin de analizar los avances en los niveles argumentativos, ya que los estudiantes presentaban una tendencia hacia el nivel 1, de acuerdo como se muestra en la tabla No. 7, se puede concluir que los estudiantes logran

hacer argumentos de mejor calidad si se comparan con los obtenidos en el instrumento inicial. Esta aseveración, se hace porque los argumentos escritos, presentan una estructura más clara, hay mayor coherencia en sus respuestas, hay uso de una mejor terminología científica, aunque también se presentan algunas excepciones como se discutirá más adelante.

Es necesario recalcar que una peculiaridad que presentaban los argumentos obtenidos en el instrumento inicial es que carecían de encabezado, es decir, los estudiantes eran muy puntuales a la hora de contestar, diferente a las nuevas concepciones. Estas presentan una estructura más organizada, otra característica que se evidenció en el instrumento final, es que los estudiantes intentaron hacer justificaciones para sus tesis, apoyada de citas de lo que escuchó de su docente y de las diversas fuentes de información suministradas durante las sesiones desarrolladas, además se observa que utilizan correctamente los signos de puntuación para dar más coherencia al texto.

A continuación, en la tabla 9 se presenta algunas preguntas y las respuestas dadas por los 6 estudiantes seleccionados, sobre los niveles argumentativos iniciales y los niveles argumentativos finales.

Tabla 9 Niveles Argumentativos presentados en los estudiantes antes y después

Estudiante	Pregunta	Nivel Argumentativo Inicial	Nivel Argumentativo Final
E1	P3	“En la figura No. 2 ya que según la ley de ohm se establece que el voltaje es directamente proporcional a la intensidad de corriente (D), es decir , a mayor voltaje mayor intensidad de corriente (J)” Nivel 1	“El bombillo que tendrá mayor luminosidad es el de la figura 2 (T), porque tiene dos generadores (pilas) conectados en serie (D), es decir , hay mayor voltaje, por lo tanto , se mueve más corriente, hay mayor fuerza de las pilas para separar las cargas y mantenerlas separadas, en otras palabras , el voltaje es directamente proporcional a la corriente (J)” Nivel 2
E3	P3	“La figura 2 porque está recibiendo más voltaje, o energía (D) por parte de las dos pilas, por lo cual iluminaría más” Nivel 1	“La figura No. 2, porque el voltaje mueve la corriente (T), es decir , a mayor voltaje mayor intensidad de corriente eléctrica,

			<p>mayor flujo de electrones (D), pues se encuentran conectadas las dos pilas en serie, provocando mayor luminosidad en el bombillo (J)” Nivel 2</p>
E4	P6	<p>“Al pagarse o desconectarse un bombillo los demás dejaran de funcionar ya que no sigue transcurriendo la energía (D), se corta el paso” Nivel 1</p>	<p>“Si se funde o quita un bombillo de los circuitos en serie, el circuito queda abierto (T), es decir, no habrá paso de corriente (D), por ende, los demás bombillos no encenderán puesto que la corriente solo tiene un único camino (J)” Nivel 2</p>
E5	P7	<p>“Si en la figura No. 3 y No. 4 se desconecta o se quema uno de los bombillos no sucedería nada (D), la corriente se transmitiría para los demás sin perder la interconexión” Nivel 1</p>	<p>“Al quitarse o quemarse un bombillo, los demás bombillos funcionarían igualmente puesto que están en paralelo (T), por lo tanto, dicha interrupción no interrumpe el flujo de electrones en las otras ramas del circuito (D), pues cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás (J)” Nivel 2</p>
E6	P9	<p>“D porque el bombillo estará recibiendo toda la energía de los demás bombillos (D) al ser un solo recorrido para llegar al bombillo D” Nivel 1</p>	<p>“El bombillo D va a tener mayor luminosidad porque a este llegan todas las cargas de los otros tres bombillos (T), pues en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las que salen (D), pues la corriente total es la que pasa por el bombillo D y esta se distribuye en el nudo por los bombillos A, B y C (J)” Nivel 2</p>
E10	P8	<p>“En la figura 3 las bombillas brillaran con mayor intensidad ya que estos son independientes, dando así más luminosidad (D), ya que es un circuito en paralelo” Nivel 1</p>	<p>“En la figura 3 brillará más (T), ya que su resistencia que se opone al paso de la corriente es menor (D) y la diferencia de potencial es igual debido a que el circuito está en paralelo (J), en la figura 1 hay mayor resistencia porque en un circuito en serie la resistencia es mayor produciendo menor corriente, por tanto, menor luminosidad en los bombillos (R)” Nivel 3</p>

Es válido aclarar, que este tipo de argumentos obtenidos, tanto en el instrumento final no presentan aún refutaciones o contraargumentos, tal como se observa en la tabla 9, donde la mayor tendencia es hacia el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004), razón por la cual se debe seguir trabajando con ejercicios que ayuden a aumentar el discurso del estudiante.

A continuación, se dan a conocer más ampliamente los argumentos construidos por los estudiantes a partir de cada modelo explicativo.

5.15.1 Estudiante 1

Con respecto al modelo de Ohm, los argumentos dados por él a las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 son:

P4: *“En la figura 1, la luminosidad de los bombillos es mayor(**T**) **porque** hay más electrones en circulación **puesto que** hay menor resistencia (bombillos) (**D**), **mientras** en la figura 2 al haber mayor cantidad de resistencias (bombillos) la intensidad de corriente disminuye (**D**), **pues** en un circuito en serie, cuando se cierra el interruptor se establece casi de inmediato la misma corriente en las dos como en la tres bombillas, pero obedeciendo la ley de Ohm, donde la corriente es inversamente proporcional a la resistencia, **es decir** a menor resistencia (cantidad de bombillos) en la figura 1 mayor es la corriente **por lo tanto** hay mayor luminosidad (**J**)”*, se puede observar que el estudiante realiza una tesis con su afirmación en donde expone un respaldo o justificación, pues lo expone a partir de las prácticas que realizó tanto experimentalmente como a través del software interactivo. Además, de esto se da soporte a su tesis elaborando un dato con la información presentada en la figura No. 1 y 2 basándose en la ley de Ohm, estableciendo la relación existente entre corriente y resistencia en un circuito en serie; este argumento se clasifica en el nivel 3 según Simon, Erduran y Osborne (2004), porque presenta una tesis, un dato y una justificación, con una refutación débil pues esta se presenta cuando hace la comparación.

P5: “En la figura 3 y 4 la luminosidad de los bombillos es igual (**T**), **porque** los circuitos están en paralelo, **por lo tanto**, el voltaje suministrado por la fuente es constante para cada bombilla (**D**), y como estas son idénticas, la corriente es la división entre el voltaje y el valor de la resistencia de cada bombilla de la rama, por cual presentarán la misma iluminación las bombillas en ambas situaciones (**J**)”, se puede inferir que a partir de una tesis el estudiante realiza su justificación a partir de los vídeos observados y de lo vivenciado en las prácticas realizadas, pues a partir de esto es que da sustento al afirmar como se obtiene la corriente en cada rama de los circuitos; podemos afirmar que el nivel argumentativo presentado es un nivel 2 según Simon, Erduran y Osborne (2004), pues no hay presencia de una refutación solamente el argumento consta de afirmaciones con su justificación correspondiente, pero se confirma el uso de un lenguaje más científico.

P6: “En un circuito en serie la corriente es la misma (**T**), **es decir**, los electrones recorren todo el circuito, tienen un único camino (**D**), **por lo tanto**, una interrupción como quitar o que se funda un bombillo en cualquier parte de la trayectoria es un circuito abierto, o simplemente si se abre el interruptor, se causa esa interrupción, el no paso de electrones (**J**)”, de manera que el E1 enuncia una de las características del circuito en serie, aclarando que la corriente tiene un solo camino y que al suspender un bombillo del circuito este dejará de funcionar, adicional a lo anterior, deduce que el circuito queda abierto porque el interruptor no permite el paso de los electrones, por consiguiente el estudiante presenta una tesis con sus argumentos, respaldos y justificaciones, pues es interesante la explicación tan detallada de lo que ocurre pero sin ninguna refutación, por lo tanto, tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004), el estudiante se encuentra en un nivel argumentativo 2.

P7: “En un circuito en paralelo, una interrupción en cuales quiera de las trayectorias no interrumpe el flujo de cargas en otras trayectorias (**T**), **pues** cada bombillo funciona en forma independiente de los demás, y los demás siguen encendidos (**J**)”, de modo que E1 infiere que la corriente se divide entre las ramas en paralelo, una de las características del circuito en paralelo, al mencionar que al desconectar un bombillo del circuito esto no afectará en nada el funcionamiento, porque cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás, por lo tanto se evidencia la presencia de un argumento con su

respectiva justificación, mostrando un nivel de argumentación 2 pues allí no se evidencia ningún tipo de refutación tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

P8: “*En la figura 1 tenemos un circuito en serie, **por lo tanto**, la corriente siempre es la misma para las bombillas (**T**), **es decir**, los electrones recorren el mismo camino (**D**), **esto es**, ambos bombillos tienen una mayor resistencia total provocando una menor luminosidad (**J**); **mientras** en la figura 3 que es un circuito en paralelo (**T**), la corriente es la división del voltaje constante suministrado por la fuente entre la resistencia de la bombilla de la rama del circuito (**D**), causando una mayor luminosidad en los bombillos, **pues** estos son iguales (**J**)”*, se infiere que el estudiante comprende y hace una explicación detallada que la corriente es la división del voltaje entre la resistencia, y como la está es mayor en el circuito en serie se produce una menor intensidad en los bombillos, mientras que en paralelo es mayor porque el voltaje que es constante se divide en el valor de la resistencia de cada bombilla provocando una mayor luminosidad en los bombillos, se debe agregar que utiliza un lenguaje científico para dar explicación a lo sucedido en las figuras, razón por la cual E1 presenta sus argumentos con sus respaldos y justificaciones, así como Simon, Erduran y Osborne (2004) lo afirman, este estudiante se ubicará en un nivel 2, pues no hay una refutación.

Seguidamente se aborda el modelo de Kirchhoff, las respuestas dadas por el estudiante fueron:

P9: “*El esquema mostrado es un circuito mixto (**T**), **pues** en él hay conexiones en paralelo y serie (**D**), **por lo tanto**, el bombillo que iluminará con mayor intensidad es el D, **ya que** en un circuito en paralelo la corriente total se divide en las tres ramas del circuito y luego la corriente que llega al bombillo D es la suma de las corrientes de tres ramas, **tal como** lo dice la ley de Kirchhoff, en cualquier nudo la suma de las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen (**J**)”*, por consiguiente se evidencia que E1 comprende lo que es un circuito mixto, e igualmente entiende que el bombillo D es el que presentará mayor luminosidad puesto que vislumbra una de las leyes de Kirchhoff, como que la suma de todas las corrientes que entran en cualquier nudo debe ser igual a la

suma de todas las corrientes que salen, por esto el bombillo D le llega toda la corriente que hay en el circuito, por lo cual brillará más, en otras palabras el estudiante justifica muy bien lo sucedido en la figura dando a conocer sus argumentos a partir del uso de un lenguaje científico apropiado, de ahí que se encuentra en un nivel 2 de argumentación haciendo falta la refutación, tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

P10: “*En la figura tenemos un circuito mixto, conexiones en serie y paralelo (T), por lo tanto, los bombillos que brillarán con mayor intensidad son los conectados en serie, estos son los A, B y E (D), pues en serie la corriente es la misma, mientras que los bombillos C y D al estar conectados en paralelo la intensidad de corriente es menor, pues la corriente total en el circuito se divide en las dos ramas, y luego el bombillo E recibe nuevamente la corriente total que hay en el circuito, nuevamente se cumple con la ley de Kirchhoff, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen (J)*”, es así que, el estudiante sostiene que un circuito mixto es la conexión de circuitos en serie y paralelo, y explica detalladamente lo que sucede en un circuito en serie como lo que pasa en paralelo, al manifestar que en serie la corriente total es la misma y en paralelo la corriente total se divide entre las ramas, que se cumple con la primera ley de Kirchhoff, denominada la ley del nudo, es por esto que E1 manifieste que los bombillos A, B y E brillarán con mayor luminosidad, razón por la cual se ubica en un nivel 3 de argumentación como lo menciona Simon, Erduran y Osborne (2004), pues allí hay presencia de unos argumentos con sus respectivas justificaciones con una refutación débil.

Con respecto al modelo al modelo de Volta, E1 respondió:

P1: “*que todos estos elementos o aparatos tienen un circuito eléctrico (T), que consta de unos elementos que unidos en forma adecuada permite el paso de electrones (D), uno de esos elementos es un generador (pila, batería), que es capaz de mantener una diferencia de potencial entre los extremos de un conductor (J)*”, por todo esto, el estudiante comprende que un circuito es un conjunto de elementos donde es indispensable un generador el encargado de proporcionar la energía, como de un conductor que es el responsable de transportar los electrones, en ello se evidencia simplemente la justificación de lo que es un

circuito eléctrico, por tanto, E1 está dentro el nivel argumentativo 2, pues no hay una refutación, según Simon, Erduran y Osborne (2004).

P3: “*El bombillo que tendrá mayor luminosidad es el de la figura 2 (T), porque tiene dos generadores (pilas) conectados en serie (D), es decir, hay mayor voltaje, por lo tanto, se mueve más corriente, hay mayor fuerza de las pilas para separar las cargas y mantenerlas separadas, en otras palabras, el voltaje es directamente proporcional a la corriente (J)*”, por esto, E1 comprende la ley de Ohm, al manifestar que el voltaje es directamente proporcional a la corriente, justificando que a mayor voltaje, mayor la cantidad de corriente que fluye por el circuito haciendo que el bombillo en la figura 2 tenga una mayor luminosidad, por consiguiente el estudiante alcanza un nivel de argumentación 2 ya que hay presencia de una afirmación con su respaldo teórico, tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

Por otro lado, al modelo de Colombiano, las respuestas obtenidas por el estudiante fueron:

P2: “*el bombillo se enciende en la figura No. 1, 2, 3 y 5, porque el circuito eléctrico queda cerrado (T), es decir, la corriente puede circular ininterrumpidamente (D), por lo tanto, los electrones circularan a través del cable conductor desde el polo positivo hasta el polo negativo de la pila pasando por el filamento de la bombilla, por lo que los cuerpos cargados de distinto signo se atraen a través del hilo conductor (J), mientras no ocurre lo mismo en las figuras 4 y 6*”, se infiere que el estudiante comprende lo que es un circuito cerrado, pues argumenta que en un circuito es indispensable de un generador, como es el caso de la pila, y la forma de cómo debe ir conectado para permitir el flujo de la corriente, de tal forma se permite que el bombillo se encienda, de lo contrario no será posible que el bombillo encienda, por esto sus argumentos son valederos con una refutación débil cuando hace mención que no ocurre lo mismo en las figuras 4 y 6, pues se asume que el E1 entiende que el circuito queda abierto, por tanto se ubica en un nivel argumentativo 3 así como lo afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

P11: “la diferencia radica en los elementos de maniobra (**T**) que permiten interactuar y controlar el circuito eléctrico según nuestras necesidades (**D**), **en nuestro caso**, es el interruptor, sirve para realizar operaciones de dejar pasar o no la corriente eléctrica por toda la instalación eléctrica, donde lo único que hace es enlazar el circuito mediante la acción de una pieza mecánica, cuando pasa hablamos de un circuito cerrado **porque** los electrones circulan o se atraen a través del hilo conductor (**J**)”, para Simon, Erduran y Osborne (2004), este estudiante se puede ubicar en nivel argumentativo 3, pues el estudiante hace una tesis con estructura gramatical bien elaborada y propone una justificación en donde aclara la importancia del interruptor, como un dispositivo o elemento de maniobra quién es el encargado de abrir o cerrar el circuito cuando lo necesitamos, lo que nos permite clasificarlo en un argumento fuerte y con una refutación débil, pues se intuye en él que el circuito abierto no permite el paso de la corriente y por tanto el bombillo no enciende.

5.15.2 Estudiante 3

Las explicaciones dadas por el estudiante a las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se indaga sobre el modelo de Ohm fueron:

P4: “En la figura 1 ambas bombillas reciben la misma corriente por ser un circuito en serie (**T**), pero estas tendrán mayor luminosidad **porque** hay menor cantidad de resistencias (bombillas) (**D**), en la figura 2 igualmente circulará la misma corriente por el circuito (**T**), pero la luminosidad de las bombillas será menor, **puesto** que los electrones tienen solo un único camino (**D**), pero la corriente es inversamente proporcional a la resistencia, a menor número de bombillas mayor intensidad de corriente (**J**)”, es así como se evidencia que E3 elabora dos tesis para cada situación mostrada con sus respectivas afirmaciones y al final dando la justificación con una pequeña refutación del porque en la figura 1 se presenta la mayor luminosidad en los bombillos, donde la aclara al afirmar que la corriente es inversamente proporcional a la resistencia, razón por la cual el estudiante para Simon, Erduran y Osborne (2004), estará en un nivel argumentativo 3.

P5: “En un circuito en paralelo, la corriente total se divide entre las ramas del circuito y como el voltaje a través de cada rama es el mismo (**T**), la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma (**D**), pero como las bombillas son idénticas, en ambas figuras las bombillas tendrán la misma luminosidad, **por lo tanto**, en la figura 4 habrá mayor circulación de corriente total **pues** a medida que aumenta la cantidad de ramas en paralelo, disminuye la resistencia total del circuito, **esto significa** que la resistencia total del circuito es menor que la resistencia de cualquier rama, pero no altera la luminosidad de los bombillos, sigue siendo la misma tanto en la figura 3 como la 4 (**J**)”, se puede observar que el estudiante hace una tesis en donde expone lo que sucede en cada situación presentada en las figuras 3 y 4, en donde argumenta que como las bombillas son idénticas, en ambos circuitos tendrán la misma luminosidad, pues el voltaje es el mismo, en donde la corriente para cada bombilla de cada circuito será la misma, con una refutación débil al afirmar que el circuito de la figura 4 habrá mayor corriente total, pues a medida que aumenta la cantidad de ramas en paralelo, disminuye la resistencia total provocando una mayor intensidad de corriente, es así que para Simon, Erduran y Osborne (2004), el estudiante se encuentra en un nivel de argumentación 3.

P6: “Como en un circuito en serie la corriente o los electrones tienen un único camino (**T**), al presentarse una interrupción en cualquier parte de la trayectoria, como quitar o que se funda un bombillo, inmediatamente cesa el paso de electrones (**D**), quedando el circuito abierto, **por lo tanto**, los otros bombillos no encenderán (**J**)”, se evidencia que el estudiante presenta una tesis con un argumento corto, en donde la justificación aporta la información necesaria para que la tesis adquiera ese grado de certeza, cuando afirma que cesa el paso de electrones, quedando el circuito abierto, por tanto estará en nivel argumentativo 2 tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

P7: “Como los circuitos están en paralelo, una interrupción en cualesquiera de las trayectorias como quitar o que se funda un bombillo no interrumpe el flujo de cargas (electrones) en las otras trayectorias (**T**), **por lo tanto**, las otras bombillas seguirán encendidas (**D**), **porque** cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás (**J**)”, de donde resulta que E3 elabora un argumento corto, pero bastante claro al mencionar

que no se interrumpe el flujo de cargas, con su justificación bien concreta al hacer referencia que cada dispositivo funciona en forma independiente, por esto se encuentra en un nivel de argumentación 2 tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

P8: “*En la figura 3 los bombillos tendrán mayor luminosidad, **puesto** que están en paralelo (T), como el voltaje a través de cada rama es el mismo y como la resistencia total es baja con cada trayectoria (D) entonces, la corriente total será mayor, **pues** está es igual a la suma de las corrientes en sus ramas paralelas, presentando mayor luminosidad los bombillos (J), **mientras** que en un circuito en serie la corriente es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito y como esta es mayor entonces la corriente será menor, **por lo tanto**, la luminosidad de los bombillos será mucho menor que los que están en paralelo*”, en otras palabras se observa que E3 confecciona un argumento bastante claro y contundente porque comprende que a menor resistencia mayor es la intensidad de corriente en el circuito, tal como ocurre en el circuito en paralelo, pues el estudiante entiende que la resistencia total del circuito es menor que la resistencia de cualquier rama individual, además que su voltaje es constante, provocando entonces la mayor luminosidad; mientras que el estudiante tres sabe que en un circuito en serie ocurre lo contrario, es decir, que la resistencia del circuito es mayor y pues su intensidad de corriente disminuye, tal como lo manifiesta en su justificación, aportando así la información pertinente para que la tesis consiga ese grado de confianza, luego E3 se ubicará en un nivel argumentativo 3, pues la argumentación tiene argumentos con una serie de afirmaciones, datos o respaldos y justificaciones con refutación débil ocasional, así como lo afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

Con respecto al modelo de Kirchhoff, las respuestas obtenidas de las preguntas 9 y 10 que indagan sobre dicho modelo son:

P9: “*El bombillo D, **porque** la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen (T), **por lo tanto**, la corriente total se divide entre las ramas en paralelo (D), para luego salir nuevamente y pasar toda la corriente total al bombillo D, el esquema es el de un circuito mixto (J)*”, podemos evidenciar que E3 sabe lo

que ocurre en un circuito mixto, que consta de conexiones en paralelo y serie, y que en paralelo la corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo, y que posteriormente esa corriente total llega al bombillo D el cual presentará la mayor luminosidad, en el estudiante tres se vislumbra una de las leyes de Kirchhoff, en otras palabras E3 justifica muy bien lo sucedido en la figura dando a conocer sus argumentos y justificaciones pero sin ningún tipo de refutación, de ahí que se encuentra en un nivel 2 de argumentación, tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

P10: “*Los bombillos A, B y E tendrán mayor luminosidad (T), porque estos tres están en serie y por lo tanto en serie la corriente total es la misma (D), luego esta se divide entre las ramas del paralelo, así la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de las corrientes que salen, proporcionando nuevamente la corriente total al bombillo E, por esto los tres presentaran mayor brillo (J), el circuito presentado es mixto*”, aquí el estudiante explica lo que sucede en un circuito en serie como lo que pasa en paralelo, al manifestar que en serie la corriente total es la misma y en paralelo la corriente total se divide entre las ramas, que cumple con la primera ley de Kirchhoff, denominada la ley del nudo, por lo tanto, E3 afirma que los bombillos A, B y E brillaran con mayor luminosidad, ya que por ellos pasa la corriente total que es la misma para los tres por estar en serie, además su argumentación tiene argumentos que constan de datos y justificaciones, pero sin refutaciones, por lo tanto se ubica en un nivel 2 de argumentación como lo menciona Simon, Erduran y Osborne (2004).

En cuanto al modelo de Volta, las respuestas derivadas de las preguntas 1 y 3 son:

P1: “*Para su funcionamiento todos los aparatos necesitan de una fuente o generador de corriente eléctrica como son las pilas, o baterías (T), el transporte de esta se realiza a través de unos cables que después llegan a otros elementos que transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía (D), por ejemplo, las bombillas transforman la energía eléctrica en luz, los motores en movimiento (J)*”, todo esto parece confirmar que E3 se ubica en un nivel argumentativo 2 pues su argumento consta de datos y afirmaciones pero sin refutaciones tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004), puesto que el

estudiante comprende que en un circuito es indispensable unos generadores que son los encargados de proporcionar la energía eléctrica y que está circula por un conductor que son los cables, y que luego se transforma ya sea en luz o en movimiento.

P3: “La figura No. 2, **porque** el voltaje mueve la corriente (**T**), **es decir**, a mayor voltaje mayor intensidad de corriente eléctrica, mayor flujo de electrones (**D**), **pues** se encuentran conectadas las dos pilas en serie, provocando mayor luminosidad en el bombillo (**J**)”, por consiguiente, el estudiante alcanza un nivel de argumentación 2 ya que hay presencia de una afirmación con su respaldo teórico, tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004), puesto que E3 comprende que el voltaje es directamente proporcional a la corriente, justificando que, a mayor voltaje, mayor la cantidad de corriente que fluye por el circuito produciendo una mayor luminosidad en la bombilla de la figura 2.

En relación con el modelo Colombiano, las respuestas dadas por el E3 fueron:

P2: “El bombillo enciende en las figuras No. 1, 2, 3 y 5, **porque** el circuito eléctrico está cerrado (**T**), **es decir**, que la corriente eléctrica o los electrones puede circular a través del cable desde el polo positivo hasta el polo negativo de la pila pasando por el bombillo (**D**), en los otros casos el bombillo no enciende **porque** el circuito está abierto, no hay conexión entre el polo positivo y negativo y el bombillo (**J**)”, en otras palabras el estudiante tiene claro la diferencia entre un circuito cerrado y uno abierto, pues argumenta como debe ser la conexión para que se dé el flujo de la corriente y el bombillo se encienda, de lo contrario no será posible que el bombillo encienda, por esto sus argumentos son valederos con una refutación débil cuando hace mención que no ocurre lo mismo en los otros casos, pues se asume que el E3 entiende que el circuito queda abierto, por tanto se ubica en un nivel argumentativo 3 así como lo afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

P11: “En un circuito cerrado el interruptor al cerrarlo permite el flujo y paso de los electrones (**T**) permitiendo que la energía eléctrica circule (**D**) y se transforme en luz cuando pase por el receptor, en este caso por el bombillo; **mientras** un circuito abierto el interruptor no permite el paso de la corriente eléctrica o el flujo de los electrones (**J**)”, el

estudiante hace una tesis donde hace uso de un lenguaje científico, con una estructura gramatical bien elaborada y propone una justificación en donde aclara la importancia del interruptor, elemento de maniobra encargado de abrir o cerrar el circuito cuando lo necesitamos, lo que nos permite clasificarlo en un argumento fuerte y con una refutación débil, pues hace la mención de lo que es un circuito abierto, por lo tanto, E3 se ubica en un nivel argumentativo 3 según Simon, Erduran y Osborne (2004).

5.15.3 Estudiante 4

Para las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se indaga sobre el modelo de Ohm las respuestas dadas por el estudiante fueron:

P4: *“Como la resistencia total es igual a la suma de las resistencias individuales a lo largo de la trayectoria por el circuito, **porque** están en serie (**T**), **por lo tanto**, en la figura 3 como hay mayor número de resistencias (bombillos)(**D**), la corriente que circulará por todo el circuito será menor, **por lo cual**, la iluminación será muy pequeña, **por lo anterior**, habrá mayor iluminación en la figura 1 **pues** hay menos resistencia (bombillos) provocando una mayor intensidad de corriente y mayor luminosidad de los bombillos (**J**)”*, el estudiante hace una tesis con una estructura gramatical bien elaborada y propone una justificación clara manifestando que a mayor resistencia menor es la intensidad de corriente y viceversa, haciendo uso de un lenguaje científico apropiado acorde a la ley de Ohm, proporcionando ese grado de certeza a la tesis, igualmente se presenta una refutación débil cuando hace comparación entre las dos figuras, por lo cual nos lleva a afirmar que E4 se ubica dentro del nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P5: *“Tanto en la figura 3 y 4 presentarán la misma luminosidad los bombillos (**T**), **pues** son conexiones en paralelo (**D**), donde la corriente total en el circuito se divide entre las ramas en paralelo y como el voltaje es el mismo por cada rama, la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma; la ley de Ohm se aplica por separado a cada rama, pero como los bombillos son idénticos por eso tendrán la misma luminosidad (**J**)”*, se evidencia que E4 usa un argumento bien claro al manifestar

que el voltaje en un circuito en paralelo es constante, afirmando y respaldando dicha tesis al mencionar que la corriente aunque tiene varios caminos o trayectorias, la luminosidad de los bombillos es la misma para los dos figuras, de ahí que el estudiante estará en un nivel argumentativo 2 según Simon, Erduran y Osborne (2004), pues no se evidencia ningún tipo de refutación.

P6: “*Si se funde o quita un bombillo de los circuitos en serie, el circuito queda abierto (T), es decir, no habrá paso de corriente (D), por ende, los demás bombillos no encenderán puesto que la corriente solo tiene un único camino (J)*”, luego el estudiante realiza una afirmación al manifestar que el circuito es en serie y que queda abierto, e igualmente justifica que los bombillos no encenderán porque la corriente tiene un solo camino, por lo tanto, su tesis queda bien justificada pero sin ninguna refutación, por lo que para Simon, Erduran y Osborne (2004), E4 se encuentra en el nivel argumentativo 2.

P7: “*Cuando se desconecte o se quemé un bombillo en un circuito en paralelo, los demás seguirán funcionando (T), porque la corriente total se divide entre las ramas del circuito (D), ya que cada bombillo funciona independiente de los demás (J)*”, para Simon, Erduran y Osborne (2004), E4 realiza una tesis donde plasma su respectiva argumentación al expresar que las figuras de los circuitos son en paralelo y que la corriente tiene diferentes trayectorias por lo que los bombillos encenderán porque funcionan de manera independiente, dando a su conocer su justificación pero sin ninguna refutación, de ahí que el estudiante está en el nivel argumentativo 2.

P8: “*En la figura No. 3 brillarán los bombillos con mayor intensidad (T), debido a que el voltaje es el mismo y la resistencia total del circuito es menor que la resistencia de cualquier rama (D), por lo tanto, la corriente total es mayor y está a su vez es igual a la suma de las corrientes en sus ramas paralelas (J), mientras que en un circuito en serie la resistencia total es mayor a las resistencias del circuito, por lo que la corriente total es menor (R)*”, el estudiante comprende claramente las diferencias entre un circuito en paralelo de uno en serie, pues muestra en su tesis un argumento bastante claro al mencionar que el voltaje es constante en un circuito en paralelo y que la resistencia total del circuito es

menor lo que produce la mayor luminosidad de los bombillos en la figura 3, igualmente hace una pequeña refutación al citar que en un circuito en serie la corriente es menor porque hay mayor resistencia, se demuestra que E4 justifica utilizando ese lenguaje científico correctamente para su tesis con una refutación débil, es por esto que está dentro el nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

En cuanto al modelo de Kirchhoff, a partir de las preguntas 9 y 10 que indagan sobre dicho modelo, las respuestas dadas por el estudiante son:

P9: “El bombillo “D” iluminará con mayor intensidad (**T**), **debido** que la corriente que entran a los bombillos A, B y C debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen (**D**), **por lo tanto**, toda la corriente total pasará al bombillo D causando mayor iluminación (**J**)”, de manera que E4 da su argumento que consta de una afirmación y justificación haciendo uso del lenguaje científico correcto pues se vislumbra que comprende una de las leyes de Kirchhoff, pero sin refutación alguna, por consiguiente para Simon, Erduran y Osborne (2004), está en el nivel argumentativo 2.

P10: “Los bombillos A, B y E brillaran con mayor intensidad **ya que** por ellos circula la corriente total del circuito (**T**), **mientras** que por los bombillos C y D la corriente total se divide entre las ramas en paralelo (**D**), y la corriente que entra por C y D debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen (**J**)”, es así que el estudiante comprende lo que sucede con la corriente en un circuito mixto, pues justifica como es el comportamiento de está tanto en el circuito en serie como en paralelo, dando a entender que comprendió muy bien una de las leyes de Kirchhoff, es decir, su tesis está bien argumentada pero carece de refutación, lo que nos permite ratificar a E4 en el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

En relación con el modelo de Volta, las respuestas derivadas de las preguntas 1 y 3 son:

P1: “Los aparatos funcionan mediante una batería o pila (generadores) (**T**) que son los que proporcionan energía eléctrica (**D**) y está es transformada en otro tipo de energía en

forma de luz, sonido, calor, movimiento, dicho transporte se realiza a través de cables (J)”, es así que el estudiante hace una tesis con una estructura gramatical bien elaborada donde propone una justificación a partir del modelo de Volta, es decir, que comprende que la fuerza electromotriz de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas, además explica la importancia de un elemento conductor como es el caso de cables encargados del transporte de la energía y que luego está se transforma en otro tipo de energía, otorgándole ese grado de certeza, de modo que E4 presenta sus argumentos con afirmaciones y justificaciones pero sin refutación, de ahí que estará en un nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P3: “*En la figura No. 2 tendrá mayor luminosidad (T), debido a que hay mayor intensidad de corriente (D), debido a que hay mayor voltaje, es decir, el voltaje es directamente proporcional a la corriente (J)*”, por lo cual E4 da a su tesis un argumento con su afirmación y justificación, pues manifiesta que la figura No. 2 presentará la mayor luminosidad el bombillo porque el voltaje es directamente proporcional a la corriente, él entiende que la pila es la encargada de esa fuerza electromotriz, en definitiva, el estudiante solo está en un nivel de argumentación 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004), pues no se evidencia la refutación.

Por otro lado, con respecto al modelo Colombiano, con las preguntadas 2 y 11 formuladas, las respuestas dadas por el E4 fueron:

P2: “*Los bombillos encienden en las figuras No. 1, 3 y 5, porque el circuito se encuentra cerrado (T), es decir, el cable está haciendo contacto con los polos positivo y negativo pasando por el bombillo (D), de esta forma podrán circular los electrones (J)*”, el estudiante entiende lo que significa un circuito cerrado, es decir, este argumento presenta una tesis de carácter del modelo Colombiano en donde él comprende que los cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen a través de un conductor que los une, se evidencia una justificación que le da a la tesis ese grado de certeza pero sin ningún tipo de refutación, así que E4 para Simon, Erduran y Osborne (2004), estará en el nivel argumentativo 2.

P11: “Un circuito abierto es donde no hay paso de la corriente eléctrica (**T**), **pues** el interruptor no permite el flujo de electrones (**J**), y un circuito cerrado es donde si hay paso de electrones a través de un conductor (**T**), donde la energía eléctrica se transforma en energía luminosa (**J**)”, se infiere que el estudiante tiene claro la diferencia entre un circuito abierto de uno cerrado, pues sus argumentos tienen esas afirmaciones y justificaciones que hace que sus tesis tengan ese grado de validez, pues E4 entiende que hay un elemento de control como el interruptor que permite abrir o cerrar el circuito, de igual forma que un circuito eléctrico es un conjunto de elementos, pues menciona la importancia del conductor y que el bombillo se enciende en una de las figuras porque la energía eléctrica se transforma, de manera que el estudiante se ubica en nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004), pues no presenta ninguna refutación.

5.15.4 Estudiante 5

Para las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se explora sobre el modelo de Ohm las respuestas fueron:

P4: “En la figura No. 1 habría más luminosidad en los dos bombillos puesto que la pila de 4,5 V proporciona más energía a menos receptores (**T**), y a mayor número de receptores (bombillos) menor será la corriente (**D**), **pues** los circuitos están en serie, esto es congruente con la ley de Ohm, que nos afirma que la corriente es inversamente proporcional a la resistencia (**J**)”, la estudiante presenta una tesis con argumentos muy valiosos, pues ella comprende que la pila da más luminosidad al circuito de la figura No. 1 porque tiene menos bombillos, y esto es debido a que los circuitos presentados en las figuras están en serie y justifica correctamente al afirmar que la corriente es inversamente proporcional a la resistencia, y entiende que el circuito de la figura No. 2 por tener mayor número de receptores, es decir, más resistencias la luminosidad de los bombillos es mucho menor, es por esto que E5, se encuentra en un nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004), pues en él se evidencia una refutación muy débil.

P5: “En la figura No. 3 y No. 4 el voltaje será igual para cada dispositivo **porque** las conexiones son en paralelo (**T**), como los bombillos son idénticos, **entonces** la corriente total se divide en el número de ramas que hay (**D**), pero la cantidad de corriente en cada rama es inversamente proporcional a la resistencia de la misma, la ley de Ohm se aplica por separado a cada rama, **por tal motivo** en ambas conexiones la luminosidad de los bombillos será la misma (**J**)”, la estudiante argumenta que los circuitos están en paralelo, por lo cual el voltaje es el mismo, y que la ley de Ohm se aplica por separado a cada rama, por lo tanto la luminosidad de los bombillos es la misma, por tanto E5 realiza su tesis con su respectiva argumentación y justificación, pero sin ningún tipo de refutación, de modo que se encuentra en el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P6: “Al quitarse o quemarse un receptor (bombillo), todos los demás bombillos se apagarán (**T**), **debido** a que la conexión está en serie y el circuito quedará abierto (**D**), **porque** solo tienen un único camino los electrones en el circuito (**J**)”, por consiguiente, E5 se ubica en nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004), pues se evidencia que realiza una tesis con su argumento, al manifestar que los bombillos se apagarán porque el circuito está en serie, y con su respectiva justificación al afirmar que el circuito quedará abierto, pues los electrones solo tienen un único camino, no presenta ningún tipo de refutación.

P7: “Al quitarse o quemarse un bombillo, los demás bombillos funcionarán igualmente **puesto que** están en paralelo (**T**), **por lo tanto**, dicha interrupción no interrumpe el flujo de electrones en las otras ramas del circuito (**D**), **pues** cada dispositivo funciona en forma independiente de los demás (**J**)”, la estudiante argumenta que los bombillos seguirán funcionando normalmente, puesto que el circuito está en paralelo, y justifica su funcionamiento afirmando que cada dispositivo funciona de forma individual, lo que no afecta el flujo de los electrones, por tanto E5 está en el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004), donde no se evidencia la refutación.

P8: “La figura No. 3 brillará con mayor intensidad (**T**), **pues** el voltaje suministrado es el mismo para los dos bombillos ya que está en paralelo (**D**), **por lo tanto**, a medida que

*aumenta la cantidad de ramas, disminuye la resistencia total del circuito lo que causa un aumento en la corriente total del circuito (**J**), **mientras** que en serie la resistencia total aumenta causando una disminución de la corriente, esto es congruente con la ley de Ohm (**R**)”, se infiere que la estudiante comprende la diferencia que existe entre la corriente en un circuito en paralelo de uno en serie, pues afirma que el voltaje es constante y que al tener mayor número de ramas el circuito en paralelo la resistencia total es menor, por lo tanto la corriente será mayor, a su vez afirma que en serie la resistencia total va ser mayor, pues entiende que la resistencia total es la suma de las resistencias individuales, lo que causa una disminución de la corriente, por esto en la figura 3 es donde los bombillos tendrán mayor luminosidad, es por esto que E5 presenta sus argumentos con una serie de afirmaciones, datos o respaldos y justificaciones con refutación débil, de ahí que estará en el nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).*

Las preguntas 9 y 10 que hacen referencia al modelo de Kirchhoff, la E5 respondió de la siguiente forma:

*P9: “Para resolver un circuito mixto, no es suficiente con la ley de Ohm, **por tal razón** se recurre a una ley de Kirchhoff (**T**), la primera denominada ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores (**D**), esta ley afirma que, en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran es igual a la suma de todas las corrientes que salen, **por tal motivo** el bombillo que brillará con mayor intensidad es el **D** (**J**)”, aquí la estudiante hace una tesis con una estructura gramatical bien elaborada y propone una justificación en donde aclara una de las leyes de Kirchhoff, para afirmar que el bombillo D de la figura es el que brillará con mayor intensidad, pues por él pasará la corriente total del circuito, en consecuencia E5 no presenta ningún tipo de refutación y por tanto se encuentra en el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).*

*P10: “Los bombillos A, B y E iluminarán o brillarán con mayor intensidad (**T**), **puesto que** están en serie y por ellos circula la misma corriente total del circuito (**D**), **mientras** que en C y D se rigen por la ley de Kirchhoff, la corriente total se divide pues están en paralelo y*

la corriente que entra es igual a la que sale (J)”, por todo esto, se consigue evidenciar que E5 comprende que la corriente en serie es la misma y cita la ley de Kirchhoff para justificar y dar ese grado de certeza al afirmar que la corriente total se divide para pasar por los bombillos C y D para luego encontrarse en un nudo la corriente total y pasar por el bombillo E, permitiendo que tenga la misma luminosidad de A y B, así que la estudiante está en un nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004), pues en ella no se evidencia ningún tipo de refutación.

En cuanto al modelo de Volta, que están relacionadas con las preguntas 1 y 3 las respuestas dadas por la E5 son:

P1: *“Estos aparatos necesitan de una fuente de alimentación (pila, batería) que proporciona energía (T), a través de cables por medio de un interruptor que permite el paso de electrones (D), que llegan a bombillos, motores, es decir, hay una transformación de la energía eléctrica a lumínica, cinética, calorífica, sonora (J)”*, por todo esto se evidencia que la estudiante argumenta de la importancia de las fuentes de alimentación, y justifica correctamente el funcionamiento de un circuito eléctrico, al afirmar que la corriente circula a través de unos cables y que luego se transforma, es decir, entiende el funcionamiento de los elementos de un circuito eléctrico, por lo cual E5 no presenta ningún tipo de refutación y se encuentra en el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P3: *“En la figura No. 2 ya que los voltios de las dos pilas se suman (T) porque están en serie proporcionando mayor luminosidad al bombillo (D), es decir, mayor intensidad de corriente, debido a que el voltaje es directamente proporcional a la corriente (J), mientras en la figura No. 1 hay menor luminosidad (menos corriente), pues hay menor voltaje”*, se infiere que E5 elabora su tesis y argumenta que en la figura No, 2 el bombillo tendrá la mayor luminosidad porque hay más voltios ya que se encuentran en serie, por tanto, justifica haciendo uso adecuado de un lenguaje científico al afirmar que el voltaje es directamente proporcional a la corriente, e igualmente presenta una refutación débil al ratificar que en la figura No. 1 la luminosidad del bombillo es menor porque hay menor

voltaje, por lo tanto, la estudiante para Simon, Erduran y Osborne (2004), está en un nivel de argumentación 3.

Por otro lado, con respecto al modelo Colombiano, las preguntadas 2 y 11 formuladas para este modelo, las respuestas entregadas por la E5 fueron:

P2: “*Se enciende el bombillo en las figuras No. 1, 2, 3, y 5 (T), teniendo en cuenta que cable conductor posee contacto con ambos polos de la pila y el bombillo permitiendo el paso de la energía (D), es decir, el circuito está cerrado, y hay flujo de electrones sin ninguna interrupción (J)*”, en consecuencia, la estudiante está en el nivel de argumentación 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004), pues afirma que los bombillos encienden en las figuras No. 1, 2, 3 y 5 porque existe una conexión correcta entre el cable y los polos de la pila y el bombillo, justificando que existe un flujo normal de electrones pues el circuito quedará cerrado, pero ella no hace ninguna refutación.

P11: “*En un circuito cerrado hay paso de energía por el conductor (T), es decir, los electrones pueden circular sin ningún problema por el circuito (D), mientras en el circuito abierto se suspende la energía (T), el paso de electrones, debido a que el interruptor no permite el paso de estos (J)*”, por tanto, la estudiante argumenta que los electrones pueden circular sin ningún problema en el circuito cerrado, pues ella infiere que en el circuito abierto es el interruptor quien impide el paso de los electrones, por consiguiente entiende que ese elemento de maniobra es el que permite abrir o cerrar un circuito, de ahí que E5 presenta una justificación a su tesis pero sin ninguna refutación, es por esto que la estudiante está en un nivel de argumentación 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

5.15.5 Estudiante 6

Para las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se indaga sobre el modelo de Ohm, el estudiante respondió así:

P4: “*La figura No.1 su luminosidad va hacer más intensa por su número de bombillos (T), es decir, tienen menor número de receptores lo cual hace que tenga mayor corriente*

total el circuito (J), mientras que la figura No. 2, va hacer menor la luminosidad porque hay mayor número de bombillos (D), mayor número de resistencias que aumenta la resistencia total, por lo tanto, menor corriente en el circuito, pues los circuitos están en serie (J)”, de modo que el estudiante argumenta que los circuitos de las figuras están en serie, afirmando que la luminosidad de los bombillos en la figura No. 1 es mayor porque comprendió que cuando la resistencia equivalente o total de un circuito en serie es menor la corriente total del circuito es mayor, igualmente certifica que la luminosidad de los bombillos en la figura No. 2 es menor debido a que la resistencia total del circuito es mayor, por lo tanto, E6 presenta su justificación con una refutación muy débil, es por esto que el estudiante está en un nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P5: *“Como el voltaje es el mismo, en las dos figuras tanto la 3 y 4 la luminosidad de los bombillos va a ser igual ya que estos son idénticos (T), como están en paralelo (D) la corriente es el cociente del voltaje entre el valor de cada resistencia, por tal razón presentan la misma luminosidad (J)”,* de ahí que E6 afirma que los circuitos de las figuras 3 y 4 están en paralelo y que el voltaje es constante, por lo cual la luminosidad en los bombillos es la misma porque comprendió que la corriente tiene varios caminos y que esta a su vez es la división ente el voltaje constante y el valor de cada resistencia de la bombilla que son idénticas, en consecuencia el estudiante argumenta y justifica una de las características de un circuito en paralelo, pero no presenta ningún tipo de refutación, en definitiva E6 según Simon, Erduran y Osborne (2004), está en un nivel argumentativo 2.

P6: *“Al quitarse o quemarse un bombillo inmediatamente se apagará (T) porque no habrá paso de corriente (D), pues en un circuito en serie, está solo tiene una trayectoria o camino, lo que causa que los electrones no circulen (J)”,* por lo cual el estudiante justifica que un circuito en serie la corriente tiene un solo camino, por lo que al quitar o quemarse un bombillo de las figuras 1 y 2 no se encenderán los demás, por consiguiente, entendió una de las características de un circuito en serie, razón por la cual E6 está en el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004), pues no hay ninguna refutación.

P7: “Al quitar un bombillo o quemarse los otros bombillos no se apagarán (**T**) **pues** cada bombillo funciona de forma independiente (**D**), a los demás le llega corriente porque en un circuito en paralelo no se interrumpe el flujo de electrones en las otras trayectorias (**J**)”, de manera que E6 comprendió una de las características de un circuito en paralelo, pues afirma que los demás bombillos seguirán alumbrando porque la corriente tiene varias trayectorias, así que el estudiante solo argumenta y justifica lo sucedido en los circuitos presentados en las figuras 3 y 4 sin ninguna refutación, en consecuencia se ubica en el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P8: “La figura No. 3 los bombillos tendrán mayor luminosidad **porque** está en paralelo (**T**), donde el voltaje es constante (**D**), y la corriente es el cociente entre el voltaje y el valor de la resistencia, **en este caso**, los bombillos son iguales (**J**), **mientras** que la figura No. 1 el circuito está en serie (**T**), la resistencia total del circuito es mayor, **por tanto**, la corriente es menor (**J**), provocando menor luminosidad en los bombillos (**R**)”, por consiguiente, el estudiante según Simon, Erduran y Osborne (2004), está en el nivel argumentativo 3, pues afirma que el circuito de la figura No. 3 la luminosidad de los bombillos es mayor, pues entendió que el voltaje es constante y que la corriente es la división entre éste y la valor de cada resistencia de los bombillos que son iguales, característica de un circuito en paralelo, igualmente manifiesta que en la figura No. 1 los brillarán con menor intensidad pues comprendió que la corriente en un circuito en serie es la misma, y que ésta es menor porque la resistencia equivalente es mayor, es así que en E6 se evidencia una refutación muy débil.

Por lo que se refiere al modelo de Kirchhoff, a partir de las preguntas 9 y 10 que indagan sobre dicho modelo, las respuestas dadas por el estudiante son:

P9: “El bombillo D va a tener mayor luminosidad **porque** a este llegan todas las cargas de los otros tres bombillos (**T**), **pues** en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las que salen (**D**), **pues** la corriente total es la que pasa por el bombillo D y esta se distribuye en el nudo por los bombillos A, B y C (**J**)”, razón por la cual el estudiante está en un nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y

Osborne (2004), pues comprendió una de las leyes de Kirchhoff, al afirmar que en el circuito mostrado el bombillo D iluminará con mayor intensidad, pues tiene claro que por este va a pasar la corriente total del circuito, ya que está, al pasar por la conexión en paralelo, es decir, por los bombillos A, B y C la corriente que llega a un nudo se distribuye y luego sale nuevamente pasando por el bombillo D, provocando la mayor intensidad, por tanto se evidencia una justificación pero no hay refutación alguna.

P10: “Los bombillos A, B y E tendrán mayor luminosidad **porque** por ellos pasará la corriente total del circuito (**T**) y cuando llega al nudo esta se distribuye por los bombillos C y D, por lo que C y D presentarán menor luminosidad (**D**), **es decir**, que ellos la suma de toda la corriente que entra es igual a la suma de la que sale, produciendo que el bombillo E, A y B tengan la mayor que es por donde pasan la corriente total (**J**)”, por esto se evidencia que el estudiante argumenta muy bien una de las características de un circuito en serie, afirmando que la corriente total que pasa por cada bombillo es la misma porque solo tiene una sola trayectoria, y como los bombillos C y D están en paralelo la corriente total se divide entre las ramas, es decir, entre estos bombillos, para luego salir nuevamente la corriente total a un nudo donde va a pasar por el bombillo E, de tal forma que son A, B y E los que iluminarán más, por lo cual E6 comprende también una de las leyes de Kirchhoff, por todo esto el estudiante está en un nivel de argumentación 2 pues no hay refutación tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

En cuanto al modelo de Volta, las respuestas dadas a las preguntas 1 y 3 son:

P1: “Todos los aparatos electrónicos utilizan baterías o pilas (**T**), que hacen que las cargas circulen por unos cables y que lleguen a un bombillo, motor (**D**), que producen luz o movimiento (**J**)”, es evidente que el estudiante solo da una justificación en la cual afirma que los generadores como las pilas o baterías, producen y mantienen la corriente eléctrica, y que está se mueve de un elemento a otro, y que luego se transforma en luz o en movimiento, por todo esto E6 solo está en nivel argumentativo 2 pues carece de refutación tal como afirma Simon, Erduran y Osborne (2004).

P3: “En la figura No. 2 tendrá mayor luminosidad **porque** tiene mayor voltaje (**T**), **pues** hay dos pilas conectadas una en serie con otra (**D**), produciendo mayor movimiento de cargas, mayor corriente eléctrica (**J**), en la figura No. 1 solo hay una sola pila, menor voltaje menor corriente (**R**)”, el estudiante comprende que a mayor voltaje mayor intensidad de corriente, por eso afirma que en la figura No. 2 el bombillo brillará más que el de la figura No. 1, porque entendió que el voltaje mueve la corriente, y que al estar conectadas en serie las dos pilas van a causar una mayor intensidad de corriente en el bombillo, se evidencia una muy débil refutación por tanto E6 está en el nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

En relación con el modelo Coulombiano, con las preguntadas 2 y 11 formuladas, las respuestas dadas por el E6 fueron:

P2: “Enciende en la figura No. 1, 2, 3 y 5 (**T**) **porque** las cargas o la corriente circula por los dos polos pasando por el bombillo (**D**), **mientras** que en la figura No. 4 y 6 no encenderá el bombillo **pues** el cable no está conectado a los dos polos, solo aparece conectado a uno solo y al bombillo, el circuito queda abierto lo que hace que la carga o corriente no circule (**J**)(**R**)”, por tanto, el estudiante afirma lo que es un circuito eléctrico, pues justifica que la corriente eléctrica puede circular ininterrumpidamente, por tal motivo el bombillo enciende o se iluminará en las figuras No. 1, 2, 3 y 5, pues en él se vislumbra lo que es un circuito cerrado, de igual manera presenta una pequeña refutación, al manifestar que los bombillos de las figuras 4 y 6 no se encienden porque el circuito queda abierto, porque la corriente eléctrica o los electrones no circularan a través del cable desde el polo positivo hasta el polo negativo de la pila pasando por el filamento del bombillo, por esta razón E6 está en nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P11: “Que en un circuito cerrado va a ver paso para la corriente (**T**) produciendo que el bombillo encienda (**J**), en un circuito abierto no habrá paso de la corriente (**T**), **pues** el interruptor no permite que haya paso de cargas o electrones para que el bombillo se ilumine (**J**)”, el estudiante da los respectivos argumentos sobre lo que es un circuito cerrado y uno abierto, comprende que es el interruptor el elemento de maniobra que permite cerrar o abrir

un circuito, por eso afirma que el bombillo se enciende en el circuito cerrado, por consiguiente E6 tiene un nivel de argumentación 2 ya que no hay presencia de refutación.

5.15.6 Estudiante 10

Por lo que se refiere a las preguntas P4, P5, P6, P7 y P8 en las cuales se investiga sobre el modelo de Ohm las respuestas dadas por la estudiante son:

P4: *“En la figura 1 habrá más iluminación **ya que** solamente están conectadas en serie dos resistencias (bombillas)(**T**), **es decir**, hay menor resistencia (**D**), lo que produce una mayor intensidad de corriente, mayor iluminación en los bombillos (**J**), por lo que en la figura 2 hay mayor número de resistencias (bombillos), **por tanto**, menor corriente en el circuito, causando menor luminosidad (**R**)”*, de ahí que la estudiante tiene claro que en un circuito en serie la resistencia total es igual a la suma de las resistencias individuales, por lo cual afirma que en la figura No. 1 tendrá la mayor luminosidad en los bombillos porque existe una menor resistencia, y que en la figura No. 2 hay menor luminosidad en los bombillos porque hay mayor resistencia, por lo que E10 comprendió que la corriente y la resistencia son inversamente proporcionales, a su vez se evidencia en la estudiante una refutación muy débil, es así que E10 está en el nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P5: *“En la figura 1 y 2 la luminosidad será igual en cada bombillo (**T**), **ya que** su voltaje es el mismo que proporciona la fuente, **porque** es un circuito en paralelo (**D**), donde la corriente es la división entre el voltaje y la resistencia, **en este caso**, los bombillos los cuales son idénticos, lo cual produce la misma iluminación de los bombillos en ambos circuitos (**J**)”*, por consiguiente la estudiante está en nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004), pues hay presencia de argumentos que constan de datos y justificaciones, pero sin refutaciones, ya que afirma que los circuitos están en paralelo y que el voltaje es igual a través de cada dispositivo, así mismo que la corriente es el cociente entre el voltaje y la resistencia de los bombillos que son iguales, lo que causa la misma luminosidad de los bombillos tanto en la figura No. 1 y 2.

P6: “Las dos figuras son circuitos en serie, **entonces** si se quema o quita un bombillo los demás no se encenderán(**T**) ya que uno depende del otro (**D**), **es decir**, la corriente tiene solo un camino (**J**)”, la estudiante hace una tesis con una estructura gramatical bien elaborada y propone una justificación en donde pretende aclarar que la corriente tiene un solo camino, y que cualquier interrupción en cualquier parte de la trayectoria cesa el paso de la corriente, porque son circuitos en serie, por esto E 10 no hace ninguna refutación y está en nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P7: “Las dos figuras son un circuito paralelo, **entonces** cuando una bombilla se apague las otras seguirán funcionando igualmente (**T**), **pues** estas no dependen de la otra (**D**), la corriente tiene varios caminos, permitiendo que las otras bombillas sigan encendidas (**J**)”, se infiere que la E10 comprende que en todo circuito en paralelo la corriente total se divide entre las ramas en paralelo y que una interrupción en cualesquiera de las trayectorias no interrumpe el flujo de cargas, por todo esto, afirma que en las figuras 3 y 4 los bombillos seguirán funcionando, porque cada bombillo funciona en forma independiente de los demás, la estudiante realiza su argumento y su justificación pero carece de refutación, por tanto E10 está en nivel de argumentación 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P8: “En la figura 3 brillará más (**T**), **ya que** su resistencia que se opone al paso de la corriente es menor (**D**) y la diferencia de potencial es igual **debido** a que el circuito está en paralelo (**J**), en la figura 1 hay mayor resistencia **porque** en un circuito en serie la resistencia es mayor produciendo menor corriente, **por tanto**, menor luminosidad en los bombillos (**R**)”, aquí la estudiante hace una tesis donde pretende aclarar que en un circuito en paralelo el voltaje a través de cada rama es el mismo, y que la corriente total es igual a la suma de las corrientes en sus ramas en paralelo, esta suma es igual a la corriente en la fuente de voltaje, y hace una pequeña refutación al manifestar que en el circuito en serie hay menor luminosidad, pues ella comprende que la corriente en el circuito es numéricamente igual al voltaje suministrado por la fuente, dividido entre la resistencia total del circuito, y como en serie es mayor esta resistencia que la del paralelo, por tanto en la figura No. 3 brillarán más los bombillos, por consiguiente, E10 se encuentra en el nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

En las preguntas 9 y 10 que indagan sobre modelo de Kirchoff, las respuestas dadas por la estudiante fueron:

P9: “*La bombilla D iluminara más que las otras (T) ya que está recibiendo la carga de las otras bombillas (D), donde la corriente total que ingresa para las bombillas A, B y C es la misma que sale y pasa por la bombilla D, por esto está ultima brillará con mayor intensidad (J)*”, así que E10 manifiesta comprender una de las leyes de Kirchoff, pues afirma que la corriente total que ingresa por el nudo a las bombillas A, B y C que están en paralelo, es la misma corriente que sale y pasa por la bombilla D causando que está se ilumine con mayor intensidad, se evidencia que la estudiante no hace ninguna refutación son da argumentos y justifica claramente por qué la bombilla D tendrá la mayor luminosidad, razón por la cual está en nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P10: “*Las bombillas A, B y E tendrán mayor iluminación (T) ya que estas circulan la mayor intensidad de corriente (D), en las bombillas C y D la corriente total se divide en dos, es decir, que la corriente que entra a estas dos es la misma que sale en el otro nudo, causando que la bombilla E tenga mayor iluminación como también en A y B por donde pasan la mayor cantidad de electrones, mayor corriente (J)*”, para esta tesis la estudiante intuye que las bombillas A, B y E como están en serie tendrán la mayor luminosidad, porque comprende que en este tipo de circuitos la corriente total tienen un único camino y que es la misma, mientras que los bombillos C y D como están en paralelo la corriente total en el circuito se divide entre en las ramas, es decir, entre ellos, en ella se vislumbra conocer una de las leyes de Kirchoff, de modo que E10 estará en nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

Por otro lado, las respuestas dadas por la E10 a las preguntas 1 y 3 que hacen referencia al modelo de Volta son:

P1: “*En el funcionamiento de los aparatos electrónicos es necesario una fuente de alimentación como una pila o batería (T), donde además encontramos otros elementos que*

permiten el paso de electrones, como el cable conductor (**D**), y un receptor, que puede ser un bombillo o un motor, donde se produce luz o movimiento (**J**)”, por esto E10 tiene bastante claro que son necesarios algunos generadores de corriente continua como son la pila o la batería, como también de otros elementos que unidos de forma adecuada permite el paso de electrones, así como afirma que el receptor es un elementos que transforma la energía eléctrica en otro tipo de energía, pues ella manifiesta que el bombillo produce luz y un motor produce movimiento, en definitiva no hay refutación alguna, solo argumentos y justificaciones que ubican a E10 en el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P3: “En la figura 1 como solo hay una sola pila, hay menor corriente (**T**), **es decir**, que el bombillo tendrá poca iluminación (**D**), en la figura 2 como hay dos pilas conectadas en serie habrá mayor voltaje, **por lo tanto**, mayor intensidad de corriente (**J**), lo cual generará mayor luminosidad en el bombillo (**R**)”, por esto la estudiante intuye que la intensidad de corriente es directamente proporcional al voltaje, pues E10 afirma que la figura No. 2 el bombillo tendrá mayor luminosidad porque como están las dos pilas unidas en serie hay mayor voltaje y por tanto mayor intensidad corriente provocando que el bombillo tenga más luminosidad, mientras que el del figura No. 1 la luminosidad es menor porque hay una sola pila, es decir, un menor voltaje, por tanto, E10 presenta una refutación débil, razón por la cual la estudiante está en el nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

En cuanto al modelo Colombiano, las respuestas proporcionadas por la E10 a las preguntadas 2 y 11, fueron:

P2: “El bombillo enciende en la figura 1, 2 3 y 5 (**T**), **debido** a que el cable está conectado a los dos polos de la pila como **además** está comunicado con el bombillo (**D**), lo cual permite la circulación de los electrones (**J**), en la figura 4 y 6 no brillará el bombillo ya que solo está conectado a un polo y al bombillo (**T**), y la corriente no circulara **pues** el circuito se encuentra abierto (**D**), **es decir** no hace contacto con el otro polo, para que pueda encender el bombillo (**J**) (**R**)”, aquí la estudiante argumenta lo que es un circuito eléctrico, al manifestar que en la figura 1, 2 3 y 5 el bombillo enciende porque la corriente

puede circular a través del cable desde el polo positivo hasta el polo negativo de la pila pasando por el filamento del bombillo, además agrega que en la figura 4 y 6 el circuito queda abierto, porque el cable no hace contacto con el otro polo, únicamente con un polo y el bombillo, por tal razón la corriente eléctrica no puede circular, se evidencia de tal forma una refutación débil por parte de E10, por tal razón se encuentra en el nivel argumentativo 3 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

P11: *“Un circuito cerrado es aquel que permite la circulación de la corriente (**T**) y de esa forma permite en este caso que el bombillo encienda (**D**), **en cambio** el circuito abierto es aquel que no permite la circulación de la corriente (**T**), **pues** es el interruptor que no permite que haya el paso de los electrones (**J**)”*, para la estudiante es bastante claro que el interruptor es elemento de control, pues es este que permite abrir o cerrar un circuito, pues comprende que el bombillo en la figura enciende porque el interruptor está cerrado lo cual permite el paso de electrones, es decir, la corriente eléctrica, y que en la otra figura el bombillo no enciende pues el interruptor está abierto y no permite que haya flujo de electrones, por lo cual E10 no hace ninguna refutación, y se encuentra en el nivel argumentativo 2 de Simon, Erduran y Osborne (2004).

En conclusión, en cuanto a los niveles argumentativos mejoraron en cada momento de la investigación, ya que en el momento inicial predominaba el nivel 1; durante la intervención didáctica a través de la aplicación de la unidad didáctica en los modelos finales se evidencia un incremento en los niveles argumentativos de nivel 2 y aparece un nivel 3 muy mínimo; de tal manera que al planear actividades de enseñanza para el desarrollo de los procesos argumentativos, los estudiantes fortalecen sus niveles argumentativos, elaborando sus textos argumentativos con más componentes, es decir, con estructuras gramaticales mejor elaboradas en cuanto la redacción, la ortografía y los signos de puntuación, además, enriquecidos conceptualmente, en donde cada justificación mantiene una estrecha relación con la tesis y la calidad del argumento para otorgarle un mayor grado de certeza.

5.16 RELACIÓN ENTRE LA ARGUMENTACIÓN Y LOS MODELOS EXPLICATIVOS

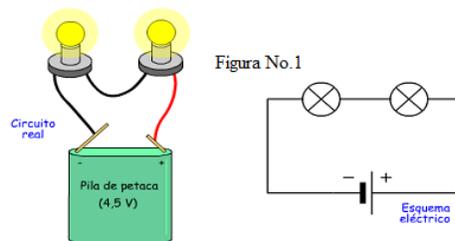
En este apartado se analiza la relación que tienen los procesos argumentativos en el aula de clase con los modelos explicativos de los estudiantes. En los apartados anteriores se evidenció independientemente que los estudiantes analizados a profundidad comprendieron los modelos explicativos del concepto de los circuitos eléctricos para cada situación planteada, de la misma manera, mejoraron sus niveles argumentativos al usar mayor número de elementos de la argumentación y aumentar el número de argumentos con fortaleza alta. Sin embargo, no se ha establecido como es la relación entre estas dos categorías.

Para comprender la relación entre la argumentación y los cambios en los modelos se hizo necesario ubicar los modelos explicativos iniciales y finales de los estudiantes, y entender como los procesos argumentativos están presentes en dichos cambios desde los modelos iniciales a los finales. Por ejemplo, en el momento inicial cuando se indaga sobre el modelo de Volta, en la pregunta 1: En la vida diaria se han visto algunos de los siguientes aparatos: una linterna; un radio portátil; una calculadora electrónica; juguetes electrónicos con baterías; ¿Explique el funcionamiento de los aparatos anteriormente mencionados?; el estudiante 6 respondió: “Para que estos aparatos funcionen primero tienen que tener una pila, batería o carga, en algunos debe haber cableado para que puedan encender”, cuando se le indagó nuevamente en el instrumento final, este respondió: “Todos los aparatos electrónicos utilizan baterías o pilas, que hacen que las cargas circulen por unos cables y que lleguen a un bombillo, motor, que producen luz o movimiento”, se puede evidenciar claramente que E6 comprendió el modelo de Volta “la ‘fuerza electromotriz’ de la pila es la capacidad para separar cargas y mantenerlas separadas” (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 1604), pero además mejora su argumento al enfatizar que las cargas circulan por unos cables, es decir, se muestra una pequeña transición al modelo Colombiano, tal como afirma (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 1604), “Cuerpos cargados con electricidad de distinto signo se atraen a través de un conductor que los une” e igualmente

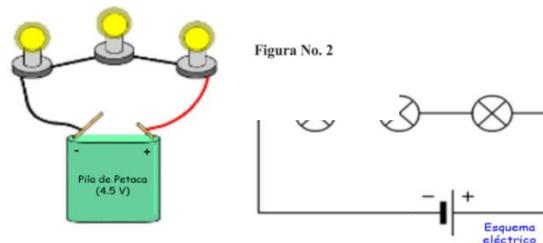
justifica su argumento afirmando que las cargas llegan a un bombillo, motor, produciendo luz o movimiento, por lo tanto, se ratifica el uso correcto de un lenguaje científico.

Así mismo, cuando se averigua sobre el modelo de Ohm en el momento inicial, en la pregunta 6: De acuerdo con las figuras mostradas, ¿Describe qué sucede cuando se desconecte (o se queme) uno de los bombillos?

Figura 9 Circuito en serie con dos resistencias



Fuente: <http://ticatleta0008.blogspot.com.co/2015/>



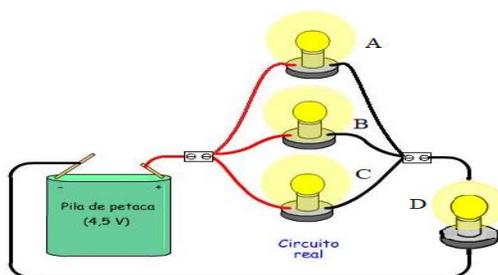
Fuente: <http://www.tecnofulio.com/1eso/2012/02/03/asociacion-o-conexion-de-componentes/>

El estudiante 4 respondió: “Cuando uno de los bombillos se queme o desconecte los otros se apagarán por que se corta el paso de la corriente al estar conectado en serie”, después de la intervención E4 respondió: “Si se funde o quita un bombillo de los circuitos en serie, el circuito queda abierto, **es decir**, no habrá paso de corriente, **por ende**, los demás bombillos no encenderán **puesto** que la corriente solo tiene un único camino”, se observa un avance bastante notorio en la redacción, en la producción textual, haciendo uso del lenguaje científico, además el estudiante justifica, al afirmar que los bombillos no encenderán porque la corriente solo tiene un único camino, comprendiendo el modelo de Volta tal

como afirma (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, p. 1604), “La corriente eléctrica circula por el circuito debido a la diferencia entre los valores de fuerza electroscópica (densidad superficial de carga)” entre dos puntos del mismo”.

Por último, en lo que corresponde al modelo de Kirchhoff, en el momento inicial, en la pregunta 9: En el siguiente esquema, los bombillos son idénticos. ¿Qué bombillo iluminará o brillará con mayor intensidad? ¿Por qué?

Figura 1 Circuito mixto con 4 resistencias



Fuente: Propia.

El estudiante 1, declaró: “D, **porque** la energía le llega más rápido que a los demás”, después de la intervención, El manifestó: “El esquema mostrado es un circuito mixto, **pues** en él hay conexiones en paralelo y serie, **por lo tanto**, el bombillo que iluminará con mayor intensidad es el D, **ya que** en un circuito en paralelo la corriente total se divide en las tres ramas del circuito y luego la corriente que llega al bombillo D es la suma de las corrientes de tres ramas, **tal como** lo dice la ley de Kirchhoff, en cualquier nudo la suma de las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen”, se puede identificar claramente un texto argumentativo conformados por conclusiones y otros componentes como datos, justificaciones, además se evidencia elementos conceptuales del modelo explicativo, “para resolver circuitos más complejos, ya no es suficiente la ley de Ohm. Por tal razón se recurre, a dos leyes muy prácticas que propuso Kirchhoff, a mediados del siglo XIX. La primera ley, denominada la ley del nudo, se emplea para resolver aquellos puntos en los cuales se unen mínimo tres conductores, en esta ley se afirma que: en cualquier nudo, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la

suma de todas las corrientes que salen, es decir: $i_1 = i_2 = i_3$ ” (Ballén, 2011, p.199). En definitiva, se vislumbra en E1 un enriquecimiento conceptual y unos elementos conceptuales con los cuales elabora mejor su texto argumentativo.

Los procesos argumentativos fueron promovidos con la implementación de la Unidad didáctica desde una perspectiva histórica y epistemológica del concepto, permitiendo que los estudiantes evaluaran sus modelos explicativos iniciales y los contrastaran con las teorías propuestas en el desarrollo del concepto. Según (Tomatis, Somavilla, & Ortiz, 2011) este tipo de abordaje de la enseñanza de los conceptos científicos facilita el aprendizaje y la argumentación, debido a que los modelos explicativos de los estudiantes son puestos a prueba cuando defienden o rechazan las diferentes teorías que se han formulado para explicar el concepto de circuito eléctrico en las diferentes situaciones planteadas. En el presente trabajo se evidenció que los estudiantes mejoraban sus argumentos cuando encontraban en la historia del concepto modelos y teorías que justificaban y respaldaban las ideas iniciales sobre el concepto de circuito eléctrico.

El cambio en los modelos explicativos se pudo dar debido a la mejora de los niveles argumentativos, es decir, al mejorar la forma de verbalizar y explicitar sus ideas en los procesos argumentativos el estudiante puso a prueba sus ideas, al evaluar sus modelos explicativos iniciales con los modelos explicativos finales intervenidos en clase. Los modelos explicativos de los estudiantes fueron coevaluados en los procesos argumentativos, discutieron entre ellos sus modelos y terminaron por cambiar sus ideas afianzando el modelo hasta el último momento. La argumentación permitió que en la clase de ciencias los estudiantes elaboraran argumentos y evaluaran las posibles excepciones y debilidades, lo cual explicó como el estudiante uso un lenguaje científico en el momento tres y en el instrumento final.

Así, “la argumentación puede realizarse en distintos contextos: teóricos, empíricos, elección de modelos explicativos, toma de decisiones, confirmación de predicciones o evaluación crítica de enunciados, entre otros” (Puig, 2010). Por lo tanto, la relación que se establece entre la argumentación y los modelos explicativos permite que los estudiantes

evalúen los modelos que tienen, los comparen y realicen construcciones a partir de dichos procesos (Jiménez-Aleixandre, 2003). Sin embargo, para que haya argumentación es necesario entonces que el conocimiento haya sido sometido a evaluación con el objetivo de confirmarlo o refutarlo (Puig, 2010)

6 CONCLUSIONES

Con base en el análisis realizado en los modelos explicativos y los niveles argumentativos de los estudiantes sobre los circuitos eléctricos, y teniendo en cuenta la caracterización de estos y sus cambios en los tres momentos de la investigación, se establecen las siguientes conclusiones:

- Se logró identificar las dificultades mediante la actividad de los modelos explicativos iniciales y elaborar una unidad didáctica para superar esas barreras y falencias de aprendizaje en el proceso de enseñanza sobre el concepto de los circuitos eléctricos, así mismo, se observó en los estudiantes el enriquecimiento de sus modelos explicativos, haciendo uso de los diferentes modelos en el transcurso de la investigación, dependiendo de la situación planteada a resolver para dar respuesta a las situaciones propuestas en los tres momentos, por otro lado, fueron muy constantes en el uso de los modelos explicativos y no se evidenció innovaciones en estos, por consiguiente, se evidencia la variedad de los modelos explicativos usados en los estudiantes sobre los circuitos eléctricos.
- Con esta investigación, se reconoce que a partir de la intervención didáctica se comprobó una estrecha relación entre las teorías propias del concepto sobre los circuitos eléctricos y el fortalecimiento de los procesos argumentativos de los estudiantes, ocasionando un cambio en las ideas que presentaban hasta unas más próximas al conocimiento científico escolar, puesto que, los educandos logran construir argumentos del nivel argumentativo 2 (afirmaciones o datos y justificaciones, pero sin refutaciones), los cuales contaban con datos que daban mayor grado de certeza a las tesis planteadas y algunos de ellos alcanzaron acercarse al nivel 3, encontrando una relación entre la tesis y los datos, apoyados con sus respectivas justificaciones pero con una refutación muy débil, mejorando sus procesos argumentativos mediante el desarrollo de las actividades propuestas en la unidad didáctica.

- Respecto a los niveles argumentativos caracterizados en los modelos explicativos, en los estudiantes se observa la constancia en el desarrollo de textos argumentativos de nivel 2, de tal manera que, con el enriquecimiento de sus modelos explicativos, los estudiantes cambiaron de un nivel argumentativo 1 a un nivel argumentativo 2 y en algunos casos 3, al elaborar párrafos argumentativos conformados por varios componentes, en todos los modelos explicativos usados se identifica ese nivel argumentativo, elaborando en sus respuestas escritos argumentativos, conformados por conclusiones y otros componentes como datos, justificaciones y ejemplificaciones, mejorando sus procesos argumentativos.
- La intervención didáctica a través del diseño y aplicación de la Unidad didáctica como

estrategia de enseñanza y aprendizaje, demuestra unos cambios importantes en la estructura argumentativa de los estudiantes, logrando un avance significativo en la manera de entender los fenómenos científicos. Por consiguiente, la relación de la argumentación y los modelos explicativos se pudo generar debido a diversos factores. Primero, las actividades estuvieron diseñadas para promover la argumentación sobre el concepto de circuito eléctrico; segundo, la implementación de actividades de argumentación individual antes de las grupales; tercero, la co-construcción de argumentos en las discusiones grupales, donde se logró evidenciar como la argumentación al articular datos, conclusiones, justificaciones y refutaciones con la evaluación de los modelos, ha servido para establecer lo que hoy se conoce como “los modelos de la ciencia” (Aleixandre & Mauriz, 2013). Estos, pueden explicar situaciones problema como los que ocurren en los circuitos eléctricos.

- La investigación desarrollada hasta el momento confirma la afirmación que promover las

prácticas argumentativas en el aula de ciencias, conlleva reconocer que la argumentación además de ser una actividad social, puede cualificar los procesos de aprendizaje de los conceptos. De ahí que, y teniendo en cuenta los bajos niveles argumentativos identificados en los estudiantes están relacionados con los modelos explicativos alejados o incompletos

de los modelos científicos, lo que consolida la idea que, al abordar la enseñanza de un concepto, es fundamental reconocer la estructura que de él tienen los estudiantes y diseñar las estrategias más asertivas para intervenirlas y aportar aspectos de orden conceptual que enriquezcan sus argumentos.

7 RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta el desarrollo de la investigación y el análisis realizado se establecen algunas sugerencias, para el desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con el concepto de circuitos eléctricos:

- En el momento de la construcción de los instrumentos de lápiz y papel, como de las actividades de aprendizaje se debe tener en cuenta la estructura de la pregunta, pues estas pueden llegar a convertirse en un obstáculo a la hora de identificar los niveles argumentativos y los modelos explicativos del estudiante.
- Como resultado de la investigación se recomienda trabajar con estrategias de fortalecimiento en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias a partir de la epistemología del concepto y el pensamiento crítico con sus dimensiones, en el caso de esta investigación la argumentación, que permitan avanzar en la construcción de argumentos, a partir de actividades explícitas sobre la enseñanza de los procesos argumentativos y las características de los textos argumentativos, para que los estudiantes logren llegar al nivel 4 y 5 de la argumentación de Simon, Erduran y Osborne.

8 REFERENCIAS

- Acevedo Díaz, J. (2004). *REFLEXIONES SOBRE LAS FINALIDADES DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: EDUCACIÓN CIENTÍFICA PARA LA CIUDADANÍA*. España: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.
- Acevedo Díaz, J. A. (1989). Las interpretaciones de los estudiantes de BUP sobre electrocinética ejemplos con circuitos de corriente continua. *Revista Investigación en la Escuela*, 7, 107-115., 9.
- Agüero, S. O., García-Salcedo, R., Guzmán, D. S., & Mendoza, J. G. (26 de Septiembre de 2012). *Los cómics en la enseñanza de la Física: Diseño e implementación de una secuencia didáctica para circuitos eléctricos en bachillerato*. IEMS-DF y Prepa de UNAM.
- Agüero, S. O., Salcedo, R. G., & Mendoza, D. S. (2012). Los cómics en la enseñanza de la Física: Diseño e implementación de una secuencia didáctica para circuitos eléctricos en bachillerato. 16.
- Alain Garric. (20 de Febrero de 2016). *Gw.geneanet.org*. Obtenido de Gw.geneanet.org: <https://gw.geneanet.org/garric?lang=es&n=de+cisternay+du+fay&p=charles+franco>
is
- Alef.mx. (4 de Diciembre de 2016). *Álef Libera el Conocimiento*. Obtenido de Álef Libera el Conocimiento: <http://alef.mx/wp/luigi-galvani-descubridor-de-la-electricidad-en-el-sistema-nervioso-de-los-animales/>
- Aleixandre, M. P., & Mauriz, B. P. (2013). *El papel de la argumentación en la clase de ciencias*. Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales.
- Antonio José de Pro Bueno, J. R. (2010). Enseñanza De Las Ciencias - Revista de investigación y experiencias didácticas. *revista de investigación y experiencias didácticas*, 385-404.
- Ariza M.R. & Quesada, A. (2016). *Potenciar la comprensión y aplicación de las ideas científicas a través de las TIC*. España: Apice-dce.
- Ballén, O. L. (2011). Hipertexto Física 2. En *Hipertexto Física 2* (pág. 288). Bogotá, Colombia.: Editorial de Santillana S.A.

- Berta Lucila Henao y Maria Silvia Stipcich. (2008). *Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.
- Buitrago, A. M. (2013). *La Argumentación: de la Retórica a la Enseñanza de las Ciencias*. Innovación Educativa 11.
- Candela, A. (2001). *Ciencia en el Aula: Los Alumnos entre la Argumentación y el Consenso*. México: Paidós.
- Cano Vásquez, J. A., Gómez Toro, J. D., & Cely Rueda, I. L. (2009). *LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA DESDE UN ENFOQUE HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICO*. Obtenido de Tesis para Obtener el Título de Licenciado en Matemáticas y Física, Medellín:
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/450/1/EnsenanzaCorrienteElectrica.pdf>
- Cisterna Cabrera, F. (2005). *Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa*. Universidad del Bío Bío. Chillán, Chile: Theoria,. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/299/29900107.pdf>
- De Longhi, A. F. (2012). *La Interacción Comunicativa en Clases de Ciencias Naturales*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.
- Driver, R. N. (2000). *Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms*. Science education.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). *TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse*.
- Escolares.net. (05 de Abril de 2015). *William Watson: Aportes a la ciencia y la electricidad*. Obtenido de William Watson: Aportes a la ciencia y la electricidad:
<http://www.escolares.net/biografias/william-watson/>
- Fensham, P. (2004). *Compromiso con la ciencia: un problema internacional que va más allá del conocimiento. Ponencia presentada en la SMEC Conference*. Dublin.
- Forohistorico.coit.es. (15 de Mayo de 2015). *Foro Historico de las Telecomunicaciones*. Obtenido de Foro Historico de las Telecomunicaciones :

<http://forohistorico.coit.es/index.php/personajes/personajes-internacionales/item/van-musschenbroek-pieter>

Francisco Javier Ruiz Ortega, O. E. (July/Sept. de 2015). Obtenido de La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022015000300629

Francisco Javier Ruiz Ortega, O. E. (2015). *La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza*. São Paulo: Pesqui.

Greca, I. y. (1998). *Modelos Mentales, Modelos conceptuales y Modelización*. Caderno Catarnense de Ensino de Física.

Guisasola, J., Montero, A., & 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*, 1604-8.

Guisasola, J., Montero, A., & y Fernández, M. (2007). *La historia del Concepto de Fuerza Electromotriz en Circuitos Eléctricos y la Elección de Indicadores de Aprendizaje Comprensivo*. País Vasco: Revista Brasileira de Ensino de Física.

Henao, B. y. (2008). *Educación en Ciencias y Argumentación: La Perspectiva de Toulmin como posible Respuesta a las Demandas y Desafíos Contemporáneos para la Enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.

Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.

Hewitt, P. G. (2007). *Física Conceptual*. México: Universidad Nacional Autónoma de México .

Hugo Kofman, P. L. (1993). Experimentos remotos de circuitos eléctricos con fenómenos transitorios. *Iberoamericana de Informática Educativa*, 3-9.

Instituto Politécnico Naciona. (2017). Estrategia de aprendizaje basado en problemas para aprender circuitos eléctricos . *Innovación Educativa*, 73-99.

- Jenaro Guisasola, A. 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*.
- Jiménez-Aleixandre, M. &. (2003). *Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias*. Universidade de Santiago de Compostela. Jiménez-Aleixandre, M., & Díaz, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370: Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias.
- Julio Sirur Flores, J. B. (2008). Aprendizaje De Circuitos Eléctricos En El Nivel Polimodal: Resultados De Distintas Aproximaciones Didácticas. *Enseñanza De Las Ciencias: Revista De Investigación Y Experiencias Didácticas*, 245-256.
- Justi, R. (2006). *La Enseñanza de ciencias Basada en la Elaboración de Modelos*. *Enseñanza de las Ciencias*. *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*.
- Lat. Am. J. Phys. Educ. (2012). Los cómics en la enseñanza de la Física: Diseño e implementación de una secuencia didáctica para circuitos eléctricos en bachillerato. *Revista Latinoamericana de Educación Física*, 16.
- Liliana, S. M., Jennifer, G. A., & Álvaro, G. M. (enero-julio de 2013). La Argumentación En La Enseñanza De Las Ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(1), 11-28.
- Marco Antonio Moreira, I. M. (2002). *Modelos Mentales Y Modelos Conceptuales En La Enseñanza & Aprendizaje De Las Ciencias*. Sta. Cruz de Tenerife, España.
- Mary, O. C., Eugenio, T. Á., & Javier, R. O. (2016). *Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias*. Manizales: Editorial Universidad Autónoma de Manizales.
- Mazur, E. (1997). *PROBLEMAS CUANTITATIVOS Y COMPRENSIÓN DE CONCEPTOS*. Argentina: INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA.
- Mercer, N. (2001). *Palabras y mentes: cómo usamos el lenguaje para pensar juntos*. Barcelona: Ediciones Paidós .

- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Formar en ciencias: ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Colombia: Revolución Educativa Colombia Aprende.
- Mockus, A. (2012). *Pensar la Universidad*. Bogotá: Fondo Editorial.
- Mora Zamora, A. (2002). *Obstáculos epistemológicos que afectan el proceso de construcción de conceptos del área de ciencias en niños de edad escolar*. Costa Rica: InterSedes: Revista de las Sedes Regionales.
- Nieda J. y Macedo B., o. (1997). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales Y Ciencias Naturales*. Madrid: Unesco.
- Ortega, F. J., Alzate, O. E., & Bargalló, C. M. (July/Sept. de 2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. Obtenido de La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022015000300629
- OrtegaI, F. J., AlzateI, O. E., & Bargalló, C. M. (2015). *La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza*. São Paulo: Pesqui.
- Osborne, J. E. (2004). *Enhancing the quality of argumentation in school science*. . Journal of research in science teaching.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003.). *Actitudes hacia la ciencia: una revisión de la literatura y sus implicaciones*. Reino Unido: International Journal of Science Education, v. 25, n. 9, p. 1049-1079.
- Pájaro Castillo, P. P., & Trejos Betancurt, S. P. (2017). Desarrollo De La Competencia Argumentativa Y Su Relación Con Los Modelos Explicativos Del Concepto De Tejido Muscular En El Aula De Séptimo Grado. Pereira: Universidad Tecnológica De Pereira.
- Paloma Varela Nieto, M. J. (1988). Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos. *Dialnet*, 285-290.
- Perales Palacios, F. J. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Ed. Marfil . Colección Ciencias de la Educación.

- Perelman, C. y. (1989). *Tratado de la Argumentación. La Nueva Retórica*. Madrid: Gredos.
- Pinilla, W. E. (10 de Octubre de 2013). 1.1.1 Circuitos eléctricos: una propuesta para estimular habilidades de pensamiento crítico con población en condición de vulnerabilidad. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Pinochet, J. (2015). El Modelo Argumentativo De Toulmin Y La Educación En Ciencias: Una Revisión Argumentada. *SciELO Brasil*, 327.
- Platín, C. (2015). *La Argumentación*. Barcelona: Ariel Quintaesencia.
- Profesor en Línea. (2015). *Historia del Circuito Eléctrico*. Obtenido de Profesorenlinea.cl: http://www.profesorenlinea.cl/mediosocial/Circuito_ElectricoHistoria.htm
- Puig, B. (2010). *Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia*. Galicia: University of Santiago de Compostela.
- Rita Rosa Dederlé Caballero, E. A. (Febrero de 2015). Estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje en el laboratorio de circuitos eléctricos de la universidad de la costa cuc. Barranquilla : Universidad de la Costa .
- Rodriguez, D. y. (2009). *Metodología de la Investigación*. Cataluña: Universitat Overta de Catalunya. Material Docente de la UOC.
- Rodriguez, G. G. (1996). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Málaga: Aljibe.
- Roquet, D. R. (2010). Metodologi de la investigacion.
- Ruiz Ortega, F. J., Tamayo Alzate, O. E., & Márquez Bargalló, C. (2015). *La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza*. Sao Paulo: Educ. Pesqui.
- Ruiz, O. F., Tamayo, A. O., & Márquez, B. C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *41*(3).
- Sabino, C. (2014). *El Proceso de Investigación* . Episteme.
- Sanchez Mejía , L., Gonzalez Abril, J., & García Martínez, Á. (2013). *LA ARGUMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*. Manizalez - Colombia: Revista Latinoamericana de Estudios Educativos.

- Sardá, J. A. (2000). *Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona.
- Simon, S. (2008). *Usando El Patrón De Argumento De Toulmin*. Reino Unido: Universidad de Londres. Obtenido de Universidad de Londres, Reino Unido.
- Simon, S. (2016). *Usando el patrón de argumento de Toulmin en la evaluación de la argumentación en la escuela*. Reino Unido: Instituto de Educación, Universidad de Londres, .
- Soneira, E. (21 de Julio de 2016). *Electricidad Básica: Tipos de Circuitos Eléctricos y Sus Usos*. Obtenido de <https://www.ceac.es/blog/electricidad-basica-tipos-de-circuitos-electricos-y-sus-usos>
- Tamayo Alzate, Ó. E., Vasco Uribe, C. E., Suárez de la Torre, M. M., Quiceno Valencia, C. H., García Castro, L. I., & Giraldo Osorio, A. M. (2010). *La clase multimodal: Formación y evolución de conceptos científicos a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación*. Manizalez - Colombia: Colciencias.
- Tamayo, Ó. E. (Diciembre de 2014). Pensamiento Crítico Dominio Específico En La Didáctica De Las Ciencias. 25-46.
- Te, W. S. (5 de Octubre de 2011). *electromagnetismounexpo*. Obtenido de <http://electromagnetismounexpo.blogspot.com.co/2011/10/otto-von-guericke.html>
- Thais, J. (23 de junio de 2010). Obtenido de <http://haciendohistoriaytecnoblogspot.com.co/2010/06/proyecto-de-la-celula.html>
- Tomatis, C. A., Somavilla, A. R., & Ortiz, F. (2011). *Formas de pensar la enseñanza en ciencias. Un análisis de secuencias didácticas*. Argentina : Revista electrónica de enseñanza de las ciencias.
- Toro Baquero, J., Reyes Blandón, C., Martínez, R., Castelblanco , Y., Cárdenas, F., Granés, J., & Hernández, C. (Mayo de 2007). *FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL ÁREA DE CIENCIAS NATURALES*. Obtenido de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/competencias/1746/articles-335459_pdf_2.pdf
- Toulmin, S. (2007). *Los Usos de la Argumentación*. Barcelona: Península.

9 ANEXOS

Anexo A Unidad Didáctica sobre los Circuitos Eléctricos y sus diferentes modelos explicativos

	INSTITUCION EDUCATIVA PABLO EMILIO RIVEROS ACACIAS – META Resolución 6496 de noviembre 11 de 2014 CARRERA 23 CALLE 8 BARRIO PABLO EMILIO RIVEROS. TELEFONOS: 6560207 Fax. 6560164 DANE: 150006000438 ----- NIT... 892099167-3 colperacacias@gmail.com	<i>DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES</i> 
	CUESTIONARIO INICIAL	PAG: 150 DE 150

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: _____ CURSO: _____

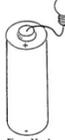
Introducción.

Estudiantes Colperistas reciban un cordial saludo, el presente cuestionario busca identificar el análisis y la comprensión que ustedes tienen sobre el concepto de circuitos eléctricos. En la sociedad actual, es fundamental disponer de electricidad para poder desarrollar nuestra vida cotidiana con normalidad. Sería difícil imaginar todas las actividades que realizamos al cabo del día sin los aparatos y electrodomésticos que funcionan con energía eléctrica. En este cuestionario te preguntaremos sobre los argumentos que tienen sobre los diferentes tipos de circuitos eléctricos.

A continuación, encontrarás una serie de preguntas a las cuales debes justificar claramente tu respuesta en las líneas dadas a continuación. Es muy importante que en las respuestas expliques lo que crees que sucede; en tal sentido, debes tratar de emplear todo el espacio dado para la respuesta.

1. En la vida diaria se han visto algunos de los siguientes aparatos: una linterna; un radio portátil; una calculadora electrónica; juguetes eléctricos con baterías; ¿Explique el funcionamiento de los aparatos anteriormente mencionados?

2. De acuerdo con las figuras No.1,2,3,4,5 y 6 mostradas a continuación, observe en cuál de ellas se enciende el bombillo y en cuáles no; justifique todas sus respuestas.

 <p>Figura No. 1</p> <p>A. Funciona SI ___ NO ___ ¿Por qué?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	 <p>Figura No. 2</p> <p>B. Funciona SI ___ NO ___ ¿Por qué?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	 <p>Figura No. 3</p> <p>C. Funciona SI ___ NO ___ ¿Por qué?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	 <p>Figura No. 4</p> <p>D. Funciona SI ___ NO ___ ¿Por qué?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
 <p>Figura No. 5</p> <p>E. Funciona SI ___ NO ___ ¿Por qué?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	 <p>Figura No. 6</p> <p>F. Funciona SI ___ NO ___ ¿Por qué?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		

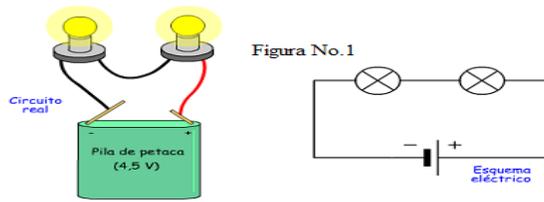
Fuente: Física 11° de Bachillerato por Grado. Ministerio de Comunicaciones INRAVISION.

3. De acuerdo con las figuras mostradas, comente en cuál de las dos, el bombillo tendrá mayor luminosidad y porqué.

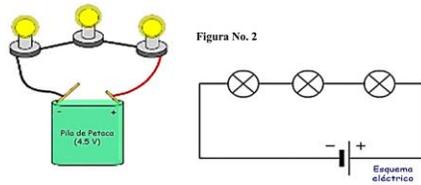


Fuente: Propia.

4. Explique qué cree que sucede con la luminosidad de los bombillos en cada una de las siguientes figuras mostradas.

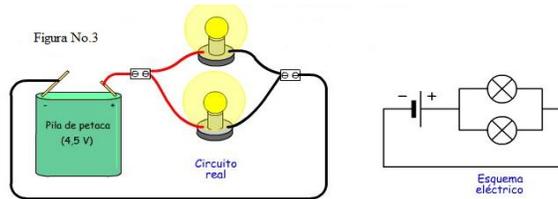


Fuente: <http://ticatleta0008.blogspot.com.co/2015/>

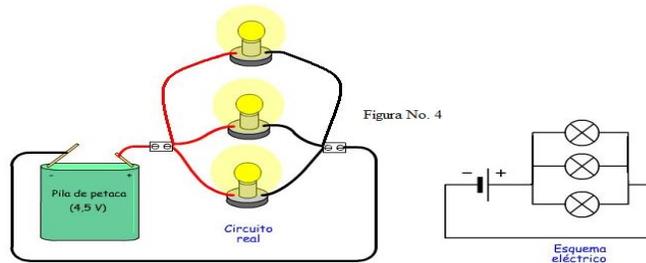


Fuente: <http://www.tecnofulio.com/1eso/2012/02/03/asociacion-o-conexion-de-componentes/>

5. ¿Cuál es tu opinión sobre la luminosidad de los bombillos mostradas en las figuras No. 3 y 4?

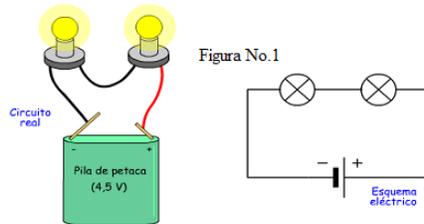


Fuente: <http://igelectricidad.blogspot.com.co/2009/11/cuestionario-sobre-conexion-en-paralelo.html>

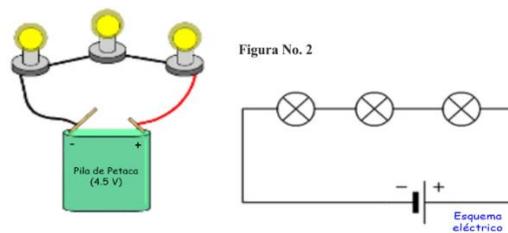


Fuente: <http://mctekno.blogspot.com.co/2009/11/conexion-en-paralelo-de-receptores.html>

6. De acuerdo con las figuras mostradas, ¿Describe qué sucede cuando se desconecte (o se quemé) uno de los bombillos?

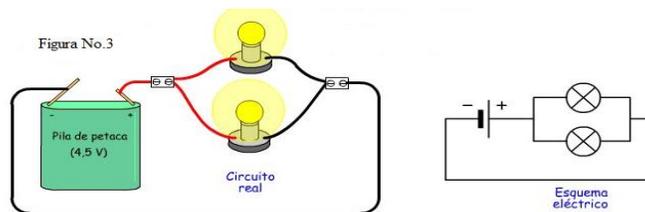


Fuente: <http://ticatleta0008.blogspot.com.co/2015/>

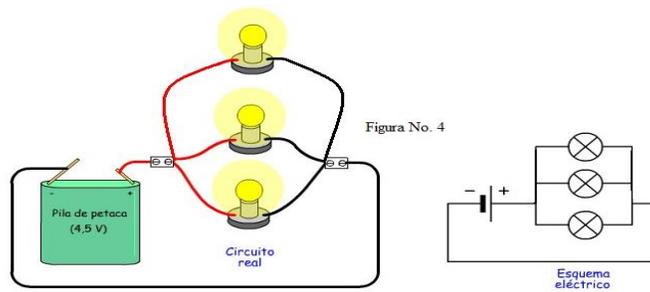


Fuente: <http://www.tecnofulio.com/1eso/2012/02/03/asociacion-o-conexion-de-componentes/>

7. De acuerdo con las figuras 3 y 4, ¿Puedes explicar que ocurre cuando se desconecte (o se quemé) uno de los bombillos?

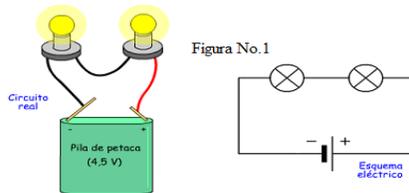


Fuente: <http://igelectricidad.blogspot.com.co/2009/11/cuestionario-sobre-conexion-enparalelo.html>

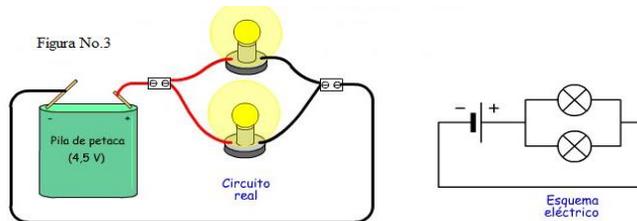


Fuente: <http://mctekno.blogspot.com.co/2009/11/conexion-en-paralelo-de-receptores.html>

8. ¿Qué puedes decir sobre la luminosidad de los bombillos presentada en las figuras No. 1 y 3?

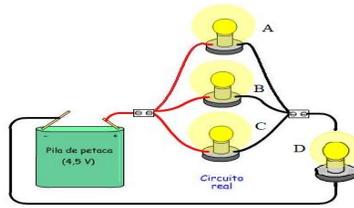


Fuente: <http://ticatleta0008.blogspot.com.co/2015/>



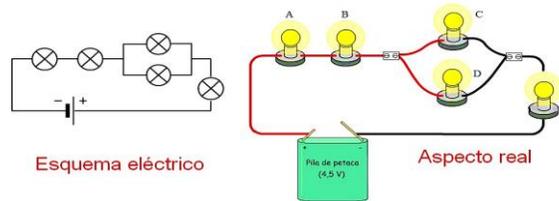
Fuente: <http://igelectricidad.blogspot.com.co/2009/11/cuestionario-sobre-conexion-en-paralelo.html>

9. En el siguiente esquema, los bombillos son idénticos. ¿Qué bombillo iluminará o brillará con mayor intensidad? ¿Por qué?



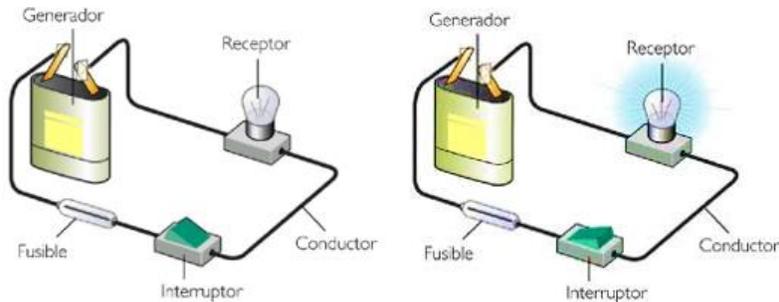
Fuente: Propia.

10. En el siguiente esquema, los bombillos son idénticos. ¿Podrías afirmar o interpretar en tus propias palabras que sucede con la luminosidad de los bombillos?



Fuente: <http://electricidad95.blogspot.com.co/2009/11/cuestionario-10-conexion-mixta-o-serie.html>

11. ¿Cuál es la diferencia entre un circuito abierto y un circuito cerrado?



Fuente: <https://www.thinglink.com/scene/58746805765013504> Fuente: <http://tiposdecorrienteelectrica.blogspot.com.co/>

Las actividades que a continuación se proponen se orientan a lograr aprendizajes en profundidad sobre el concepto de circuito eléctrico y sus diferentes modelos explicativos. Encontrarás: primero, conceptos sobre cómo se forma un circuito, cuáles son las leyes que explican su funcionamiento; luego, conceptos relacionados con los diferentes modelos explicativos sobre los circuitos eléctricos; y por último actividades para mejorar el uso del lenguaje científico y la argumentación.

Momento de ubicación.

Actividades para intervenir el modelo de Coulomb y de Ohm.

Actividad experimental no. 1: ¿cómo se forma un circuito eléctrico?

Esta actividad tiene como finalidad aprender, a profundidad, el comportamiento de la familia de componentes eléctricos, tales como generadores, receptores, elementos de control, que se interconectan para formar un circuito, y que comprendan las leyes que rigen sus propiedades.

Objetivos de la actividad.

1. Identificar los componentes eléctricos que forman parte de un circuito eléctrico.
2. Explicar las funciones de los componentes eléctricos que se interconectan para formar un circuito.
3. Conocer la simbología básica de electricidad y electrónica.
4. Promover el uso adecuado del lenguaje científico en las explicaciones de los conceptos elaborados por los estudiantes.

RESULTADOS ESPERADOS: Se busca con el desarrollo de la actividad determinar el modelo explicativo de Coulomb y de Ohm que tienen los estudiantes, relacionado con:

- ✓ Identificar los puntos de contacto de un bombillo y de una pila.
- ✓ Encender un bombillo utilizando una pila y dos cables.
- ✓ Identificar los componentes de un circuito eléctrico.
- ✓ Establecer relaciones entre los componentes de un circuito eléctrico.
- ✓ Explicar qué es un circuito eléctrico.

Y de esta manera poderlos clasificar en un nivel argumentativo.

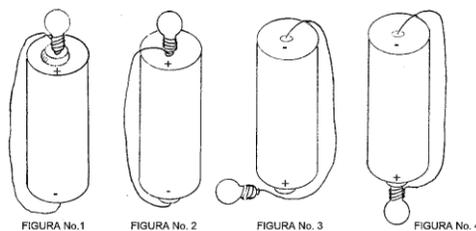
Se pretende además identificar los obstáculos de aprendizaje que tengan los estudiantes con el fin de verificar si el diseño inicial de las actividades de la Unidad Didáctica es suficiente para la intervención o si deben ser modificados de acuerdo con lo que se obtenga.

MATERIALES.

- 3 Pilas de 1,5V (doble A)
- Un pedazo de cable conductor
- Dos bombillos de bajo voltaje (4V a 6V)
- 2 interruptores

Deduciremos las leyes de la electricidad a través de los siguientes experimentos con estos circuitos.

- Empiece a realizar el montaje con la pila, el alambre y el bombillo hasta que consiga que el bombillo se encienda.
- Explique cuáles son las condiciones necesarias que debe tener su montaje de manera que el bombillo se encienda. ¿Por qué se enciende la lamparita?
- Señale en cuáles de las figuras o esquemas siguientes el bombillo se enciende. En los casos en que no esté seguro, realice el montaje con su pila, bombillo y alambre.



Fuente: Física 11° de Bachillerato por Grado. Ministerio de Comunicaciones INRAVISION.

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL No. 2: RESISTENCIA CONSTANTE.

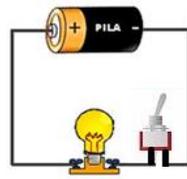


FIGURA No.1

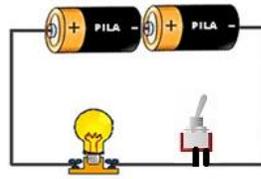


FIGURA No. 2

FUENTE: Propia.

Realice los siguientes montajes.

- Primero observa la luminosidad del bombillo cuando encendemos el circuito con una pila.
- Ahora observa la luminosidad del bombillo en la figura No. 2.

1. ¿Qué papel desempeña la batería o pila en un circuito eléctrico? Describe.

2. ¿Qué función cumple el interruptor en un circuito eléctrico? Explica.

3. ¿Qué sucede con la luminosidad del bombillo al conectar dos pilas? ¿Aumenta, disminuye? ¿Por qué?

4. ¿Qué puedes decir de la luminosidad del bombillo a medida que se van conectando en serie más pilas en el circuito? ¿Aumenta, disminuye o sigue igual? Explica.

5. De acuerdo con la pregunta anterior, ¿Por qué crees que sucede esto? Explica.

6. ¿Qué puede pasar al seguir aumentando pilas arbitrariamente? Explica.

7. ¿Cuál es la causa que se funda (no encienda) el bombillo en el circuito eléctrico? Explica.

8. Determina qué magnitudes (Voltaje, Corriente, Resistencia) permanece constante.

9. ¿Cómo es que se relacionan las magnitudes que varían en esta actividad?

10. Escribe el modelo matemático que relaciona las magnitudes eléctricas anteriores.

11. Así como se dedujo la relación de proporcionalidad entre el voltaje y la corriente, ¿Cómo es que se relacionan las magnitudes de voltaje y resistencia en esta actividad?

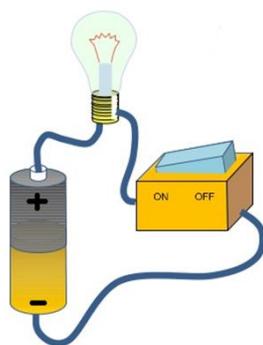
12. Escribe tres ejemplos de aparatos portátiles que tengan pilas conectadas en serie.

13. Clasifica cada elemento de un circuito con el tipo de dispositivo.

DISPOSITIVO	TIPOS DE DISPOSITIVO	
a. Hilo de cobre	1. Generador	
b. Pila		
c. Voltímetro	2. Conductor	
d. Interruptor		
e. Fusible	3. Receptor	
f. Lámpara		
g. Resistencia	4. Elemento de control	
h. Zumbador		
i. Altavoz	5. Elemento de protección	
j. Pulsador		
k. Batería	6. instrumento de medida	
l. Amperímetro		

14. Elabora un mapa conceptual sobre las familias de componentes eléctricos donde indique la función de cada uno de ellos.

15. Para graficar un circuito eléctrico, se utilizan ciertos símbolos convencionales, algunos de ellos son:



Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/circuito-electricosimple-141129104431-conversion-gate01/95/circuito-electrico-simple-6-638.jpg?cb%5Cx3d1417258032>

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA.

	Hilo Conductor		Interruptor
	Resistencia		Amperímetro
	Pila		Voltímetro
	Generador		Motor
	Bombilla		

<https://www.portaleducativo.net/sexta-basico/761/circuitos-electricos>

Realiza el esquema del circuito de la imagen, utilizando estos símbolos.

Anexo C Momento de desubicación.

La siguiente actividad tiene como propósito determinar el modelo matemático de la ley de ohm en circuito simple, para ello el docente plantea a los estudiantes realizar una actividad experimental y luego utilizar un recurso interactivo para aplicar los modelos matemáticos respectivos a la ley de Ohm en los circuitos serie y paralelo. En todo circuito simple siempre se utilizan tres variables fundamentales, el voltaje, la corriente y la resistencia, las cuales se relacionan entre sí a través de las siguientes leyes: La Ley de Ohm, las leyes de Kirchhoff del voltaje y de la corriente. Tres leyes que conforman el marco dentro del cual el resto de la electrónica se establece. Es importante notar que estas leyes no se aplican en

todas las condiciones, pero definitivamente se aplican con gran precisión en alambres los cuales son usados para conectar entre sí la mayor parte de los dispositivos eléctricos y electrónicos dentro de un circuito.

Actividades para intervenir el modelo de Ohm.

RESULTADOS ESPERADOS: Se espera con las actividades planteadas que los estudiantes adquieran unos conocimientos de tipo conceptual, procedimental y actitudinal como:

Procedimientos técnicos	Procedimientos básicos	Habilidades de Investigación	Destrezas comunicativas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realización de montajes de bombillas (en serie, en paralelo). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Observación de hechos y fenómenos. ▪ Tabulación de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de situaciones. ▪ Realización y verificación de predicciones. ▪ Establecimiento de conclusiones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilización de modelos: modelo de Ohm. ▪ Expresión por escrito de los resultados de las experiencias realizadas.

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL No.3: TIPOS DE CONEXIONES.

Objetivos de la actividad.

1. Diseñar e interpretar esquemas de circuitos eléctricos sencillos con los materiales establecidos.
2. Comprender que los distintos diseños de circuitos producen conductas eléctricas distintas.
3. Identificar características de circuitos en serie y paralelo a partir de la construcción de circuitos con resistencias.
4. Explicar una conexión en serie; establecer sus características más importantes.
5. Explicar una conexión en paralelo; establecer sus características más importantes.
6. Predecir los cambios de iluminación en bombillos resistivos en un circuito al alterarlo (eliminar o agregar componentes en diferentes lugares).
7. Usar el lenguaje especializado para explicar las leyes que explican su funcionamiento.

MATERIALES.

- 4 Pilas de 9V

- Un pedazo de cable conductor
- Diez bombillos de bajo voltaje (4V a 6V)
- 4 interruptores

1. ¿Cómo se puede conectar más de un bombillo en un circuito? Dibuja y describe.

Realiza los siguientes montajes con los materiales anteriormente mencionados.

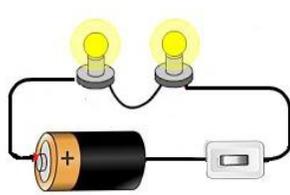


Figura No. 1

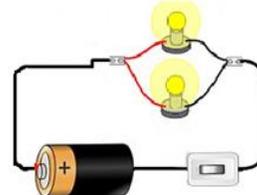


Figura No. 2

Fuente: Propia.

Enciende el circuito y observa.

2. En la figura No.1 y figura No. 2, ¿Encendieron los dos bombillos? Si o No. ¿Por qué?

3. ¿Qué diferencia hay entre la iluminación de los bombillos de la figura No. 1 con respecto a la figura No. 2? ¿Por qué?

4. ¿Cuál es la causa que los bombillos de la figura No. 2 presenten mayor luminosidad con respecto figura No. 1?

Si agregas otro bombillo más, ¿Qué sucederá? Prueba.

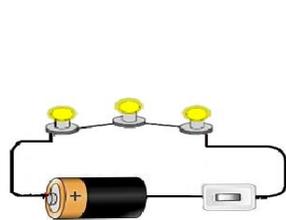


Figura No. 3

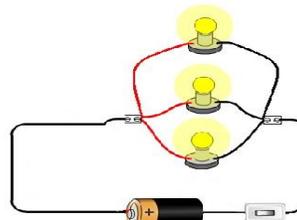


Figura No. 4

Fuente: Propia.

5. ¿Qué diferencia hay con el brillo de los bombillos cuando hay dos o tres bombillos encendidos, en las figuras N° 1, 2, 3 y 4? Justifica tu respuesta.

6. ¿Qué sucede sin una vez conectados los tres bombillos en la figura N° 3 y figura No 4, quitas o apagas un bombillo? Explica.

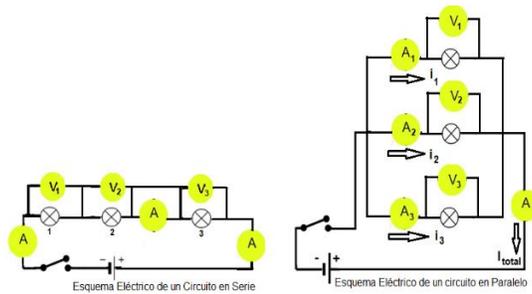
Anexo D Actividad interactiva no. 4. Circuitos en serie y paralelo.

Ahora observará a través de un programa interactivo las relaciones entre las magnitudes eléctricas de voltaje corriente y resistencia que observo en la actividad anterior.

Objetivos de la actividad.

1. Diseñar e interpretar esquemas de circuitos eléctricos mixtos haciendo uso del computador.
2. Comprobar a través de un recurso interactivo las relaciones entre corriente y voltaje en circuitos resistivos sencillos en serie y paralelo.
3. Usar el lenguaje especializado para explicar las leyes que explican su funcionamiento.
4. Diferenciar entre voltímetros y amperímetros y establecer las características más importantes de cada uno.

Realiza las siguientes conexiones en el programa de simulación electrónica Proteus para el diseño de circuitos.



Fuente: Propia

1. Toma los datos de la pantalla y completa los cuadros.

Circuito en serie.

	Voltaje	Resistencia	Corriente
Bombillo 1			
Bombillo 2			
Bombillo 3			
1, 2 y 3 Total			

Circuito en paralelo.

	Voltaje	Resistencia	Corriente
Bombillo 1			
Bombillo 2			
Bombillo 3			
1, 2 y 3 Total			

2. ¿Qué pasa con el voltaje de cada resistencia, respecto al voltaje total de un circuito en serie y paralelo?

3. En un circuito en serie, ¿Cómo será el voltaje de cada bombilla, si estas son iguales?

4. ¿Qué puedes decir de la resistencia de cada una, respecto a la resistencia total de un circuito en serie?

5. ¿Qué opinas de la corriente de cada resistencia, respecto a la corriente total de un circuito en serie?

6. ¿Qué puedes decir de la resistencia de cada una, respecto a la resistencia total de un circuito en paralelo?

7. ¿Qué sucede con la corriente de cada resistencia, respecto a la corriente total de un circuito en paralelo?

Anexo E Momento de desubicación.

Actividad de Conocimiento Metacognitivo Declarativo.

Con el desarrollo de esta actividad se busca lograr una comprensión más integral de la evolución conceptual de los estudiantes sobre sus propios procesos cognitivos y lograr intervenir el modelo explicativo de Kirchhoff.

Actividades para intervenir el modelo de Kirchhoff.

RESULTADOS ESPERADOS: Se espera con las actividades planteadas que los estudiantes adquieran unos conocimientos de tipo conceptual, procedimental y actitudinal como:

Procedimientos técnicos	Procedimientos básicos	Habilidades de Investigación	Destrezas comunicativas
<ul style="list-style-type: none">Realización de montajes de bombillas (en un circuito mixto).	<ul style="list-style-type: none">Observación de hechos y fenómenos.Tabulación de datos.	<ul style="list-style-type: none">Análisis de situaciones.Realización y verificación de predicciones.Establecimiento de conclusiones.	<ul style="list-style-type: none">Utilización de modelos: modelo de Kirchhoff.Expresión por escrito de los resultados de las experiencias realizadas.

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL No. 5: CONEXIONES MIXTAS.

Objetivos de la actividad.

1. Realizar montajes o conexiones con materiales establecidos sobre circuitos mixtos.
2. Comprender las relaciones entre corriente y voltaje en circuitos resistivos sencillos en serie, paralelo y mixtos.

- Utilizar adecuadamente el lenguaje científico para explicar las leyes que explican su funcionamiento.

MATERIALES.

- Pilas
- Un pedazo de cable conductor
- Tres bombillos de bajo voltaje (4V a 6V)
- 2 interruptores

Realicé los siguientes montajes con los materiales mencionados y contesté las siguientes preguntas:

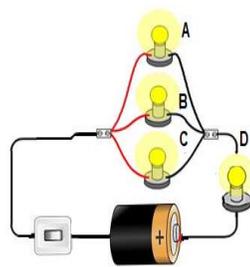


Figura No. 5

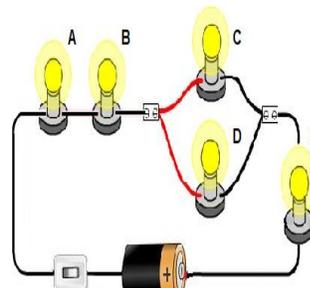


Figura No. 6

Fuente: Propia.

- En la figura No. 5, los bombillos son idénticos. ¿Qué bombillo iluminará o brillará con mayor intensidad? Justifica tu respuesta.

- En la figura No. 6, los bombillos son idénticos. ¿Qué bombillo iluminará o brillará con mayor intensidad? Explica.

- ¿Qué sucede si se desconecta la bombilla A en la figura N° 6?

- ¿Estás seguro de tu respuesta? Si ___ No ___ Explique por qué.

5. ¿Por qué al desconectar la bombilla C, la bombilla D continúa encendida en la figura N° 6?

6. ¿Cuál es la causa de que al desconectar el bombillo B en la figura N° 5 los demás bombillos quedaran encendidos?

7. ¿Por qué crees que la bombilla C y D tienen la misma luminosidad en la figura N° 5?

8. ¿Qué pasa si la bombilla B se conecta en paralelo con la bombilla C y D en la figura N° 6?

9. Describe las dificultades que tuviste para responder las preguntas propuestas anteriormente.

10. ¿Por qué los montajes realizados, son de un circuito mixto?

11. ¿Qué conceptos aplica para determinar las respuestas?

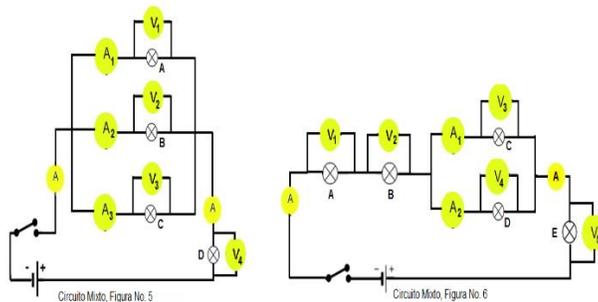
Anexo F Actividad interactiva no. 6. circuitos mixtos.

Ahora vas a observar a través de un programa interactivo las relaciones entre las magnitudes eléctricas de voltaje corriente y resistencia que observaste en la actividad anterior.

Objetivos de la actividad.

1. Diseñar e interpretar esquemas de circuitos eléctricos mixtos haciendo uso del computador.
2. Comprobar a través de un recurso interactivo las relaciones entre corriente y voltaje en circuitos resistivos mixtos.
3. Utilizar adecuadamente el lenguaje científico para explicar las leyes que explican su funcionamiento.

Realiza las siguientes conexiones en el programa de simulación electrónica Proteus para el diseño de circuitos.



Fuente: Propia.

1. Registra lo observado en el programa con respecto a la intensidad de corriente en el circuito mixto, ¿Qué puedes decir de la corriente total en el circuito mixto? Explica.

2. ¿Por qué la bombilla B y C en la figura N° 5 tienen el mismo voltaje? ¿Cuál es ese valor?

3. ¿Qué diferencia hay entre el voltaje de los bombillos A y B con el de los bombillos C y D en la figura N° 6?

4. ¿El voltaje en la figura N° 6 será igual en los bombillos A y B o será mayor en la primera que en la segunda bombilla? ¿Por qué?

5. ¿La intensidad de la corriente en la figura N° 6 será igual en los bombillos A y B o será mayor en la primera que en la segunda bombilla? ¿Por qué?

6. ¿La intensidad de la corriente en la figura N° 5 será igual en los bombillos B y D o será mayor en la primera que en la segunda bombilla? ¿Por qué?

7. ¿Cómo se distribuye la intensidad de corriente en el circuito de la figura N° 5 con los bombillos A, B y C en paralelo, ¿con respecto al bombillo D?

Anexo G Momento de reenfoque.

ACTIVIDADES FINALES.

Objetivos.

1. Promover el uso adecuado del lenguaje científico en las explicaciones de los estudiantes sobre el concepto de circuitos eléctricos.
2. Potenciar procesos argumentativos en los estudiantes, mediante, el debate y la reflexión crítica de sus puntos de vista.
3. Promover la comprensión, a profundidad, del concepto de circuitos eléctricos.
4. Analizar el desarrollo de los componentes de los circuitos eléctricos y su impacto en la vida diaria.

RESULTADOS ESPERADOS: En el momento de reenfoque se espera que los estudiantes hayan alcanzado por lo menos un nivel superior al detectado en el cuestionario inicial sobre modelos explicativos y niveles argumentativos, y estén en capacidad de identificar las tesis y puedan dar razones más allá de simplemente identificar datos. Pero, además de los conocimientos de tipo conceptual hay otros de tipo actitudinal como:

Actitudes hacia la ciencia	Actitudes científicas	Actitudes ambientalistas	Respeto a las normas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valoración de la importancia de los circuitos eléctricos en la vida cotidiana. ▪ Valoración del trabajo por los diferentes científicos en los estudios de los circuitos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rigor y precisión en la realización de las experiencias. ▪ Coherencia entre los datos y las conclusiones. ▪ Tolerancia y respeto a los demás en los debates e intercambio de ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilización por el uso adecuado y no el abuso de la electricidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Respeto a las normas de seguridad en el uso de las pilas, los cables, entre otros. ▪ Uso adecuado de los elementos de un circuito.

ACTIVIDAD No. 1: TRABAJO COOPERATIVO.

1. En grupos de tres personas, los estudiantes van a realizar un debate sobre las ventajas y desventajas que tienen las instalaciones eléctricas en una casa, como de las instalaciones de las luces navideñas.

2. Como trabajo de integración sobre circuitos eléctricos van a elaborar en papel bond un mapa conceptual donde se represente los elementos, la ley de Ohm y las diferentes conexiones con sus características.

ACTIVIDAD No. 2: DEBATE GRUPAL.

En esta actividad los estudiantes dan a conocer los resultados del trabajo cooperativo realizado a sus demás compañeros. Para sustentar el trabajo deben:

1. Manejar adecuadamente el lenguaje científico.
2. Argumentar sus respuestas.

ACTIVIDAD EVALUATIVA.

Esta actividad tiene como finalidad demostrar el aprendizaje de los conceptos sobre circuitos eléctricos, al dar solución a las situaciones problemáticas planteadas. A continuación, encontraras una serie de preguntas frente a las cuales debes justificar claramente tu respuesta. Es muy importante que en las respuestas trates de aplicar los conocimientos aprendidos en las actividades anteriores.

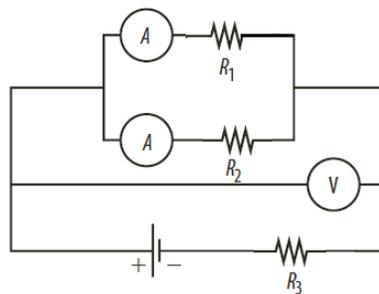
1. Tu amigo te dice que en un circuito eléctrico una batería suministra los electrones. ¿Estás de acuerdo con él? Defiende tu respuesta.

2. Imagina que dejas tu automóvil con las luces encendidas mientras vas al cine. Al regresar, la batería está muy “baja” como para que arranque el automóvil. Llega un amigo y te ayuda a ponerlo en movimiento usando la batería y los cables de su automóvil. ¿Qué fenómeno físico sucede cuando tu amigo te ayuda a arrancar el automóvil?

3. ¿Los bombillos de los automóviles están conectados en paralelo o en serie? ¿Cómo lo compruebas?

4. Los automóviles antiguos usaban, casi exclusivamente, baterías de 6 V para alimentar su circuito eléctrico. En la actualidad, prácticamente todos los automóviles usan baterías de 12 V. Explique la razón de este cambio.

Describe lo que pasa en el siguiente circuito:



5. ¿Qué pasa con la corriente si el valor de la R_1 se aumenta?

6. Si se disminuye el valor de la R_3 , la corriente aumenta o disminuye. ¿Por qué?

7. ¿Qué sucede con el voltaje si el valor de la resistencia R_2 se disminuye?

8. Si se aumenta el valor de la resistencia R_3 , el voltaje aumenta o disminuye. ¿Por qué?

Fuentes: (Perales Palacios, 2000) (Erduran, Simon, & Osborne, 2004) (Mary, Eugenio, & Javier, 2016)