



**BENEMERITA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE PUEBLA**

INSTITUTO DE CIENCIAS

MAESTRIA DE EDUCACION EN CIENCIAS

TITULO:

Modelos y Concepciones sobre el Tema de la
Corriente Eléctrica: A Estudiantes de la Facultad de
Ciencias de la Electrónica.

TESIS:

Que para obtener el grado de
Maestro de Educación en Ciencias en el Área de Física

PRESENTA:

Fermín Osorio Martínez

Director:

M.C. Adrián Corona Cruz

Co-Director:

Dr. Josip Slisko Ignjatov

Junio 2016

ÍNDICE

Introducción	v
Capítulo I: Antecedentes	
1 Resumen	1
1.1 Definición del Problema	2
1.2 Pregunta:	2
1.3 Antecedentes	2
1.4 Justificación	3
1.5 Hipótesis	5
1.6 Objetivo General	5
1.7 Descripción	5
Capítulo II: Marco teórico	
2 Resumen	6
2.1 Modelos Mentales	6
2.2 Modelos Conceptuales	9
2.3 Modelos de los estudiantes de la corriente eléctrica	10
2.4 Preconcepciones en el tema “Corriente Eléctrica”	12
2.5 Enseñanza en la Facultad de Ciencias de la Electrónica	14
2.6 Programa de estudios de la facultad de ciencias de la electrónica	15
2.7 Visión de los docentes de la FCE sobre su función docente	16

Capítulo III:	Metodología	
3	Resumen	18
3.1	Muestra de modelos	19
3.2	Tipos de Modelos	21
3.3	Diseño e implementación	23
3.4	Objetivos de las actividades aplicadas	24
3.5	Actividad: “El Foco”	25

Capítulo IV:	Resultados y discusión	
4	Resumen	26
4.1	Esquema	27
4.3	Dibujos realizados según cuatrimestre y nivel cognitivo	28
4.3.1	1 ^{er} cuatrimestre	28
4.3.2	3 ^{er} cuatrimestre	28
4.3.3	5 ^o cuatrimestre	29
4.3.4	7 ^o cuatrimestre	30
4.3.5	9 ^o cuatrimestre	30
4.3.6	¿Qué supones que ocurre en el alambre cuando prende el foco?	31
4.4	Explica tu modelo: Dibujando	32
4.5	Explica tu modelo: Análisis	36
4.6	Relación entre el tipo de ideas que expresan alumnos de electrónica	42

Capítulo V: Conclusiones

5.1 Conclusiones	63
5.2 Referencias bibliográficas	65

Introducción

El concepto de corriente eléctrica es la base fundamental de aquellos que explican, investigan, usan, etc. la electricidad. Ante tal hecho, se consideró de suma importancia conocer si tal concepto era dominado por estudiantes que se forman como electrónicos.

La presente tesis tiene como base los múltiples trabajos que se han realizado, y que en general manifiestan que los modelos explicativos, de los estudiantes están muy lejos de explicar la corriente eléctrica.

Los trabajos de, Kibble (1999), quien investigó los modelos que los estudiantes construyen sobre el comportamiento de los electrones en movimiento a través de un conductor debido a una diferencia de potencial: ¿cómo se imaginan la electricidad?, tema que abonan los muchos trabajos reportados en el campo de conceptos erróneos de los estudiantes relacionados con la electricidad y, en particular, los circuitos eléctricos (Osborne 1983, Shipstone 1984, Saxena 1992) y la corriente eléctrica (Joshua 1984, Webb 1992), motivaron las preguntas:

¿Los modelos científicos de los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FCE-BUAP) que al momento cursaban primero, tercero, quinto, séptimo y noveno cuatrimestre, sobre la corriente eléctrica evolucionan con la toma de cursos que configuran el programa la carrera de Electrónica? ¿Los modelos de los estudiantes de electrónica evolucionan con la edad?

La respuesta a ésta pregunta requirió de una investigación que implicó encuestar a los estudiantes de la facultad de ciencias electrónica, para conocer sus modelos para explicar el comportamiento de los componentes de la electricidad. Además investigar la evolución que tales modelos y explicaciones tienen en función de su formación académica.

El contenido de la tesis se ha distribuido en los siguientes capítulos.

En el Capítulo I, se describen los antecedentes reportados de investigaciones sobre:

- los modelos y las explicaciones publicadas relacionadas con la corriente eléctrica de los estudiantes.
- se define el problema, la pregunta de investigación, los antecedentes generales y particulares, la justificación, los objetivos generales y particulares.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico, basado en las teorías sobre la construcción de modelos mentales, en particular los modelos de los estudiantes sobre la corriente eléctrica, así como las preconcepciones implicadas. Se revisa la curricula de la Facultad Ciencias de la Electrónica, y se explora la visión que el docente de tal facultad tiene sobre su labor docente.

En el Capítulo III, se identifican los resultados obtenidos por medio un método fonomenografico, (encuestas) a estudiantes de diferentes edades y formación académica. Así la clasificación de los modelos: consumo, unipolar, choque, Ohm, etc.

Es un estudio transversal, se observará y se hará una descripción de la muestra de la población estudiantil en el periodo de primavera de 2015; prospectivo, se registrarán los datos del estudio, según ocurran los resultados, analítico ya que hace prueba de la hipótesis, intervencionista.

En el Capítulo IV, mediante gráficos modelos realizados por los estudiantes que en su momento cursaban y sus interpretaciones se reportan los resultados.

Finalmente, en el Capítulo V, mediante un análisis general, se presentan las conclusiones.

Capítulo I

Antecedentes

1 Resumen

Se analizan los trabajos que aluden a las preconcepciones de los alumnos sobre la corriente eléctrica, se formula la pregunta de investigación, su justificación, así como el objetivo, hipótesis.

1.1 Introducción

Las preconcepciones que los alumnos traen a las clases en el área de la ciencia han sido un asunto de extensa investigación. Mucho trabajo se ha hecho en el campo de los conceptos erróneos que abundan en los alumnos que aprenden electricidad y, en particular, estudiantes de electrónica en los circuitos eléctricos (Osborne 1983, Shipstone 1984, Saxena 1992) y la corriente eléctrica (Joshua 1984). Dentro de la gran variedad de concepciones erróneas que los estudiantes tienen, unas son propias del pensamiento de los estudiantes y otras son provocadas por los profesores y los textos. Las primeras se relacionan con las experiencias y las segundas se deben al uso de analogías, esquemas, el uso del lenguaje y las concepciones equivocadas de los docentes y los textos. Osborne (1983) observó, de los resultados de varios estudios, las ideas non-científicas de los estudiantes sobre electricidad que, a pesar de una gran variedad de metodologías, la similitud de conceptos erróneos es "notable".

Además, se infiere la confirmación de la hipótesis que es el origen de las dificultades de aprendizaje que podría estar en las concepciones alternativas y en un paralelismo entre problemas de aprendizaje y problemas epistemológicos.

Esta investigación estimuló a explorar las características y grado del dominio de los conceptos relacionados con la electricidad de los alumnos que cursan la carrera de electrónica.

Los resultados y conclusiones de las investigaciones sobre la corriente eléctrica muestran que sólo una minoría de estudiantes universitarios la usa en forma correcta. La mayoría no establece diferencias conceptuales entre los modelos que la describen y su uso.

1.2 Generales:

La comprensión de la electricidad ha sido un difícil desafío para los estudiantes en varios niveles escolares. Hay una gran evidencia que muestra que en la escuela secundaria al igual que en la universidad los estudiantes tienen severas dificultades y conceptos básicos erróneos después de la instrucción formal (Shipstone 1984; McDermott & Shaffer 1992). La mayoría de las dificultades se refieren a la incapacidad para relacionar los modelos teóricos de electricidad con los circuitos reales, y la incapacidad para razonar sobre el comportamiento eléctrico (McDermott & Shaffer 1992; Duit & el von Rhöneck, 1998; Ronen & Eliahu 2000). Estas dificultades y conceptos erróneos parecen ser muy resistentes para ser mejorados (Shipstone, 1988).

Los procesos de enseñanza aprendizaje, fundamentalmente se basan en el uso y construcción de modelos, ya sean matemáticos, configuraciones hipotéticas, símiles físicos, etc., en particular los estudiantes de electrónica hacen uso de modelos esquemáticos de la corriente eléctrica, que no logran producir una conceptualización científica.

1.3 Particulares:

Ausubel (1978), mencionó: “el conocimiento que el estudiante posea en su estructura cognitiva relacionada con un tema de estudio es el factor más importante para que el aprendizaje sea óptimo”. Otro factor importante son los preconceptos ya que estos pueden determinar el éxito o fracaso en el aprendizaje, los preconceptos están arraigados en la estructura cognitiva.” El individuo aprende mediante aprendizaje significativo”, se entiende por aprendizaje significativo a la incorporación de la nueva información a la estructura cognitiva del individuo.

Para Pozo (1992), el aprendizaje repetitivo (hechos) se basa en la repetición a diferencia del aprendizaje significativo (conceptos) que se producen por comprensión gradual.

Los modelos esquemáticos de la corriente eléctrica brindan la posibilidad de elevar la eficiencia del proceso de enseñanza aprendizaje y la calidad de éste, haciendo del mismo una experiencia más activa, además permite abordar los problemas educativos desde puntos de vista que anteriormente no se habían contemplado.

Los resultados de estas investigaciones, propicio hacer un estudio preliminar para explorar las características y grado de universalidad de los conceptos erróneos relacionados con la electricidad de los alumnos de la Facultad de Ciencias de la Electrónica.

1.4 Definición del Problema:

Debido a que los profesores tienen problemas para definir un modelo esquemático de la corriente eléctrica, la conceptualización de la corriente eléctrica es deficiente.

Los modelos esquemáticos: Representan mediante una configuración de líneas y símbolos, la disposición estructural o el comportamiento de un sistema o de un objeto real.

Se presta atención especial a las definiciones del "modelo esquemático de la corriente eléctrica" y los ejemplos que ilustran sus propiedades y sus funciones en la creación, verificación y aplicación de los conocimientos científicos.

Durante los últimos años se han investigado las ideas sobre los modelos esquemáticos de la corriente eléctrica en la filosofía de la ciencia y en el ambiente educativo.

1.5 Pregunta:

¿Los modelos de los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, sobre la corriente eléctrica evolucionan con la toma de cursos que configuran el programa de la carrera de Electrónica?

1.6 Justificación

¿Por qué?

En ciencias básicas y, sobre todo, en ciencias aplicadas, es necesario tener una representación abstracta, conceptual, gráfica o visual, denominada modelo científico, por ejemplo: el mapa conceptual, para la física, los fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizar, describir, explicar, simular en general, explorar, controlar y predecir los fenómenos o procesos.

¿Para qué?

El aplicar los Modelos Científicos fortalece la formación profesional de los alumnos de enseñanza media superior y nivel universitario donde se estudia la electricidad (Teoría Electromagnética). Cada vez los docentes reconocen el valor pedagógico de los Modelos Científicos, por lo que se utiliza con mayor frecuencia en ambientes educativos.

Además, son cada día más los estudiantes que trabajan con Modelos Científicos para aprender y representar contenidos de múltiples temas. Para que los Modelos Esquemáticos de la corriente eléctrica sirvan para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de electrónica.

¿Con qué?

Con los modelos científicos y las estrategias de enseñanza-aprendizaje adecuadas podremos propiciar el cambio conceptual en los estudiantes al analizar los problemas cuando sus concepciones previas son insuficientes. Ya que son representaciones interiores o modelos mentales de fenómenos naturales. La teoría de modelos mentales se ha usado en la enseñanza de la ciencia como una manera de dar sentido a las concepciones alternativas de los estudiantes (Chiu, 2002; Gilbert, Boulter, 2000; Taber, 2003) la teoría asume que las concepciones de los estudiantes en la ciencia son representaciones interiores o modelos mentales de fenómenos naturales.

1.7 Hipótesis:

- Las preconcepciones equivocadas de los estudiantes sobre la corriente eléctrica afectan el aprendizaje de la electricidad y sus aplicaciones.
- La habilidad para representar las ideas mediante modelos, indica el grado de comprensión de los conceptos implicados.
- El uso correcto de Modelos Esquemáticos de la corriente eléctrica facilita el aprendizaje de la electricidad.

1.8 Objetivo General:

Investigar las preconcepciones erróneas sobre el Tema de la “Corriente Eléctrica” que los estudiantes tienen al ingresar a la Facultad de Ciencias de la Electrónica y su evolución a lo largo de la formación que éstos obtienen.

1.9 Objetivos particulares

Identificar si la toma de cursos sobre circuitos eléctricos, corrige las preconcepciones equivocadas de los alumnos.

1.10 Objetivos específicos

- Investigar el nivel de aprendizaje del concepto de corriente eléctrica como concepto fundamental y clave en la comprensión del mundo de la electricidad.
- Identificar los modelos esquemáticos que usan los alumnos para explicar la corriente eléctrica; la resistividad eléctrica y comportamiento del alambre con la temperatura; la emisión de luz debida a la corriente eléctrica; la causa de la corriente eléctrica, etc.

1.11 Descripción

Mediante cuestionarios de exploración, aplicados a grupos de estudiantes de primero, tercero, quinto, séptimo y noveno cuatrimestre, se identificarán sus representaciones mentales o modelos físicos sobre la corriente eléctrica.

Capítulo II

Marco Teórico

2 Resumen

En esta parte se presenta el análisis de los resultados que se han reportado sobre los modelos mentales, su definición, uso, e importancia en el aprendizaje; se identifican los modelos que los estudiantes realizan sobre la corriente eléctrica; se identifican las preconcepciones de los estudiantes relacionadas con la corriente eléctrica; se identifican los cursos relacionados con el tema que los estudiantes reciben en su carrera, así como la visión que los docentes de la carrera tienen sobre su desempeño en el aula.

2.1 Introducción

En lo general, los alumnos tienen puntos de vista que difieren de las explicaciones o clasificaciones científicas, son referidas como "conceptos erróneos, concepciones alternativas, marcos alternativos o ideas. Aunque es incierto saber el origen específico de las preconcepciones de los alumnos (Russell y Watt, 1990), tales ideas son dichas por los alumnos cuando manifiestan sus descripciones, formulan explicaciones, hacen predicciones, modelan sus ideas, etc., Es decir los alumnos se apoyan en sus conocimientos y experiencias; son portadores de su propia ciencia convencional. El docente que pretende enseñar, debe conocer que es lo que pretende modificar, construir, crear, etc., por esto la presente investigación se avocó a conocer, cuáles son; las preconcepciones, los modelos y su condición cognitiva, en el tema de la corriente eléctrica, concepto considerado como fundamental para quienes se dedican a la electricidad y electromagnetismo.

2.2 ¿Que son los Modelos Mentales?

Los modelos mentales son contruidos de la percepción, permitiendo hacer inferencias y predicciones que conllevan a entender los fenómenos. Por ejemplo, cuando se entiende un fenómeno eléctrico, se sabe cuál es su causa (dominio determinista), se sabe cómo investigarlo (causa-efecto), cómo controlarlo (acción), etc.

Gentner (1983), cita las analogías entre el flujo de agua y la corriente eléctrica; el alambre como tubo por el que fluye la corriente (agua); voltios para explicar la "presión eléctrica"; "volumen" para la corriente eléctrica, etc. Analogías como medio usado para apoyar el razonamiento científico en búsqueda de sus efectos conceptuales. Analogías, como medio para entender cómo funcionan las cosas. Analogías que ayudan a los alumnos en la creación de nuevos modelos para predecir sobre lo que debería ocurrir en diversas situaciones en el mundo real, la analogía, medio con el que los alumnos obtienen modelos de nuevos dominios, Collins (1996). Analogías, que entre aprendices y expertos en general difieren, situación que provocó un serio estudio. Melvin (1997), estudio la evolución de las analogías relacionadas con los circuitos eléctricos.

René Descartes, fue el primero en proponer que las construcciones mentales de un científico sobre el mundo no debían ser considerados "postulados que representan a sus propias creencias, sino como modelos útiles de las que se podría deducir consecuencias de acuerdo con las observaciones." Sin embargo Hestenes y sus colegas, a quienes por usar los modelos en la enseñanza por más de 20 años, se les asocia la palabra modelo.

En general, se define "modelo" como: "un objeto, una representación conceptual de una cosa real", es una versión simplificada de un objeto o proceso en estudio; el científico decide qué características no considera, un modelo puede ser descriptivo o explicativo; modelos explicativos se basan en analogías-relacionados del objeto o proceso a un objeto; tiene poder predictivo limitado. Para hacer un modelo simplificamos el fenómeno, los objetos y sus interacciones o procesos. Etkina (2005).

Como representamos el mundo en nuestras cabezas ha sido la gran pregunta de la filosofía, la psicología y la lingüística durante siglos (Eisenck y Keane, 1991). Ha

habido múltiples investigaciones sobre “cuáles son los niveles de representación mental que opera en las mentes de los estudiantes cuando se les solicita representar conceptos relacionados con la corriente eléctrica.

Como menciona Moreira (1995); Baquero citó *“el modelo mental es una representación del conocimiento, implícita, incompleta, imprecisa, incoherente con el conocimiento normativo en distintos dominios, pero útil, ya que resulta una potente herramienta explicativa y predictiva en la interacción de los sujetos con el mundo y una fuente fiable de conocimiento, por derivar de su propia experiencia perceptiva y manipulativa con ese mundo”*.

La teoría de modelos mentales de Johnson-Laird (1983), se basa en; a) representaciones mentales que pueden ser expresadas verbalmente; b) modelos mentales o analogías estructurales de una situación del mundo real o imaginario; c) imágenes mentales (“perspectivas” particulares de un modelo mental).

La capacidad para entender una teoría científica está determinada por la capacidad del alumno para formular 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, Greca (1995). En los libros de texto, (Halliday y Resnick, 1993; Corson, 1962; Alonso Finn, 1972; Jackson, 1983; Panofsky, 1962), los conceptos son matemáticamente presentados, luego formalizados con los fenómenos.

Las investigaciones intentan detectar el tipo de modelos mentales que los alumnos utilizan al pensar sobre problemas y cuestiones sobre el concepto de corriente eléctrica. En psicología se parte del supuesto de que la forma en que los alumnos piensan se refleja en el uso del lenguaje, por lo que se considera que lo que los alumnos escriban, dibujen y digan, indicará la forma en que razonan, Moreira (1998).

Sin perder de vista que la electricidad es una ciencia fáctica, se ha investigado el significado de “modelo” que tienen los estudiantes sobre la corriente eléctrica y sus manifestaciones, derivadas de diversas operaciones conceptualmente distinguibles que intervienen en la construcción del sistema abstracto del sistema real en estudio.

Algunos investigadores en la enseñanza de las ciencias, afirman que los estudiantes no tienen ideas preconcebidas acerca de este concepto antes de ser enseñado;

ejemplo de ellas son las dificultades relacionadas con el concepto de resistencia eléctrica y el circuito eléctrico, Viard (2001).

Gentner (2002), considera que desde el punto de vista de la psicología, el modelo mental es una representación de un dominio o situación que apoya la comprensión, el razonamiento y la predicción. Los modelos mentales son representaciones internas, personales, idiosincráticas, incompletas, inestables y básicamente funcionales. Los modelos mentales son: representaciones proposicionales (cadenas de símbolos), modelos mentales (análogos estructurales del mundo) e imágenes (perspectivas de un modelo mental), todas ellas necesarias para poder explicar las maneras en las que los alumnos razonan, hacen inferencias, comprenden lo que los otros hablan y entienden el mundo.

Además, cuando los modelos mentales de los alumnos manifiestan errores conceptuales, los docentes pueden crear materiales que instruyan y ayuden a reducir al mínimo los errores, ayudará en lo futuro a generar, exploración, comprensión y razonamiento.

Norman (1983), señálo que mientras los modelos mentales son incompletos; inestables (los alumnos olvidan detalles); no tienen fronteras bien definidas; son no-científicos (reflejan las creencias de los alumnos sobre el sistema representado); son impropios (frecuentemente, optan por operaciones de una menor complejidad mental); los modelos conceptuales, en general son una representación externa, creada por expertos, que facilita la comprensión y enseñanza de sistemas o estados de objetos. Como indica Moreira (1997) los modelos conceptuales son representaciones precisas, completas y consistentes con el conocimiento científicamente compartido.

El átomo de Rutherford y el sistema solar son ejemplos de modelos conceptuales, Greca (2002). Los modelos conceptuales son representaciones externas, compartidas por una determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico. Mediante el modelo mental se busca caracterizar el conocimiento y los procesos que apoyan la comprensión y el razonamiento, y como medio para apoyar el razonamiento lógico. En los procesos de enseñanza los docentes trabajan entre otros con modelos mentales intentando que el estudiante aprenda modelos conceptuales (Clement, 2002).

“Desafortunadamente, en la práctica, la relación entre modelos conceptuales y modelos mentales no es directa y simple, como se podría pensar, y eso tiene relevantes implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias, así como para la investigación en enseñanza y en aprendizaje de las ciencias” [Palmero].

2.3 Modelos conceptuales

Los modelos conceptuales son herramientas para la enseñanza de sistemas físicos, simplificaciones, sirven para explicar, construir, distinguir un modelo mental y modelo conceptual, en el sentido de "versión didáctica" (Greca y Moreira, 2002a). La idea básica es que el modelo conceptual es un instrumento de enseñanza pero el instrumento de aprendizaje es el modelo mental.

2.4 Modelos de los estudiantes de la corriente eléctrica

Mediante el instrumento PECA (Ruta para Evaluar la Corriente Eléctrica), Jabot (2004), exploró los modelos mentales que usan los estudiantes para explicar cómo fluye la electricidad a través de los circuitos simples. También, exploró la evolución de los modelos en el tiempo escolar y su instrucción. Del análisis de la dirección de flujo de corriente las clasificó en dos modelos mentales: (1) bidireccional y (2) unidireccional.

En consecuencia reporta la detección de dos conceptos erróneos previamente relacionados con la corriente eléctrica: (a) La corriente se consume (Fredette y Lochhead 1980; Osborne 1981; McDermott y Van Zee 1984; Shipstone 1984) y (b) La batería es una fuente de corriente constante (Cohen, Eylon et al 1983; Dupin y Johsua 1987; Licht).

A los estudiantes que encuentran conceptos abstractos relacionados con la electricidad, como corriente eléctrica, tensión y resistencia, les son difíciles de entender, y a menudo desarrollan conceptos erróneos, Choi (2004). Por ejemplo, una

de las principales razones de los conceptos erróneos se provoca cuando el estudiante al no poder observar el flujo real de la carga eléctrica hace conjeturas erróneas. De manera que el uso de analogías y modelos mentales, se cree que ayuda a conceptualizar lo abstracto de los conceptos. Los modelos son una de las herramientas de enseñanza más útiles que se pueden utilizar en las clases cuando se enseñan conceptos abstractos.

El desarrollo de un modelo es uno de los principales logros científicos y ha desempeñado un papel importante en el aprendizaje y la exploración de diversos conceptos en la ciencia, Choi (2004).

El cambio conceptual entendido como aprendizaje verdadero o significativo, implica cambios en las ideas, modelos, teorías, creencias, etc., que tienen los alumnos al inicio de su instrucción. Tales cambios conceptuales resultan ser de mayor utilidad cuando son provocados por el razonamiento asociado a la construcción de modelos cualitativos y cuantitativos de los fenómenos que estudian. Al unísono se convierte en un medio para evaluar, ya que el provocar que exterioricen sus modelos internos, proporciona sus múltiples conjeturas sobre los cuestionamientos, eventos, hechos, problemas, etc., a los que se les expone. Cada cuestionamiento, proporciona formalismos de representación alternativas que los estudiantes mediante sus marcos conceptuales modelan cualitativa y cuantitativamente, Jonassen (2005).

La adaptación del proceso cognitivo y la reestructuración de modelos es el cambio conceptual, Vosniadou (1999). El cambio conceptual es un proceso de construcción y reorganización de los modelos conceptuales. A través de la experiencia y de la reflexión, se reorganizan y agregan complejidad a las teorías o modelos conceptuales Jonassen (2005).

La instrucción basada en el modelado es un enfoque pedagógico empleado a nivel universitario. En particular la enseñanza de la electricidad basada en el modelado; representación, abstracción y generalización, aplicación, etc., Bree (2008).

El desarrollo de la instrucción apoyado en modelado se basa en las características cualitativas de los fenómenos (conceptos enseñados), el estudiante basado en sus observaciones y mediciones, construye lo cuantitativo para ser empleado sistemática y explícitamente. Los modelos son las construcciones mentales mediante el uso de

herramientas tales como gráficas, tablas, diagramas y fórmulas para representar situaciones específicas, acciones que conllevan al conocimiento procedimental y experiencial. Los modelos son la base para el desarrollo del conocimiento, el razonamiento y la resolución de problemas. En la práctica los estudiantes razonan conceptualmente sobre situaciones, utilizan varias herramientas de representación, para modelar una amplia gama de situaciones básicas, Bree (2008).

2.5 Preconcepciones en el tema “Corriente Eléctrica”

La electricidad, como la mecánica, la termodinámica, etc. son materias que implican varios conceptos; en la mecánica, se estudian los movimientos y sus causas, en la térmica los efectos de la temperatura, etc. En la electricidad son, por ejemplo, la corriente, el campo eléctrico, el potencial, etc. Es decir, la electricidad no es la carga eléctrica, la carga no es la cantidad de electricidad, la electricidad no es la cantidad de energía, la cantidad de corriente no es la cantidad de electricidad, es decir, no hay cantidades ópticas; "la óptica no es una sustancia que sale del foco", "a la física no se debe que los músculos hagan girar las ruedas de una bicicleta", "los focos no convierten la electricidad en luz." Etc.

Para entender lo que no se puede ver, oler, tocar, etc., se tiene que imaginar, se tiene que representar, usar sistemas reales para explicar, modelar, simular, etc. Medios que en lo general se basan en las ideas previas que no siempre coinciden con las establecidas por los expertos, consiguiendo que su aprendizaje resulte ser deficiente. La enseñanza y el aprendizaje de la electricidad, ha sido ampliamente investigado según lo citado por Kapartzianis: (Brumby, 1982; Clement, 1979; Driver, Squires, Rushworth y Robinson, 1994; Engelhardt y Beichner, 2004; Fredette, 1981; Gunstone & White, 1981; Osborne y Freyberg, 1985; Selman, Jaquette, Krupa y Stone, 1982). Los temas más investigados han indicado ser los libros (Moreno, 2005, Salinas, 2004), las pedagogías (*Rhöneck*, 1997, Furió, 1998b, 1999) las preconcepciones de los alumnos (Bruner, 1966; Champagne et al, 1983; Pfundt y Duit, 2006), nivel cognitivo (Gentner & Stevens, 1983; Johnson-Laird, 1983; Rogers, Rutherford & Bibby, 1992) citados por Choi (2004). Hammer, D. (1996), Johnson-Laird (1983), entre otros.

En relación a los problemas fundamentales de la electricidad y las concepciones equivocadas de los alumnos, así como con la corriente eléctrica, (citados por Kapartzianis), (Shipstone 1984 que fluye; Osborne, 1985; Heller y Finley, 1992; Conductor; Engelhardt y Beichner, 2004; Küçüközer y Kocakulah, 2007); *“la corriente eléctrica solo es un flujo de electrones”*, concepto erróneo debido a la creencia de que la "electricidad" sólo está compuesta por exceso de electrones; se tiende a ignorar las corrientes de iones en los electrólitos, nervios, baterías, etc. En las baterías, los iones fluyen entre los electrodos, situación contraria a lo que los estudiantes piensan: *“ninguna carga fluye a través de las baterías”*; idea consecuente con otras como: la corriente eléctrica sale de la batería, la batería es un almacén de carga, las baterías emiten una sustancia llamada "corriente". La corriente es un flujo provocado por la batería, las cargas están en los conductores. Respecto a la corriente, las ideas erróneas se relacionan con el uso inconexo de los conceptos *“cantidad”*, *“rapidez”*, *“intensidad”*, *“valor”*, etc. Lo establecido por ejemplo es: *“la rapidez de la corriente,”* o *“la intensidad de corriente”,* o *“el valor de corriente”,* o bien, *“la cantidad de electricidad por unidad de tiempo”*. *“La cantidad de carga por unidad de tiempo”*. Respecto a las unidades, la definición de amperio (Culombio-por-segundo), es confundida como un concepto no entendido, *“el Amperio es una unidad fundamental”*.

Respecto a las múltiples concepciones que los alumnos manifiestan cuando son cuestionados, se identifica: la idea de que en un circuito la corriente se consume, es equivalente el concepto de carga y voltaje, el conductor no presenta resistencia eléctrica, la corriente eléctrica es un exceso de carga, la batería es una fuente de energía, la carga positiva es la pérdida de electrones, la carga positiva no puede fluir, la corriente eléctrica son solo cargas en movimiento, el flujo de electrones es un flujo de energía, es un flujo de materia o un flujo de carga eléctrica, la carga positiva es un átomo que perdió un electrón, los electrones que fluyen en un conductor, no son suministrados por las baterías, la corriente eléctrica es un flujo de electricidad. Por lo que el utilizar la palabra "electricidad" como nombre genérico ha provocado parte de la problemática relacionada con el aprendizaje de la electricidad.

Respecto a los eventos que se suponen ocurren en un conductor al paso de la corriente, los electrones con la condición de moverse ya están en el conductor, son electrones del metal que "saltan" de un átomo a otro todo el tiempo, incluso cuando no

hay corriente eléctrica. Cuando es aplicado un campo eléctrico, los electrones se mueven en la dirección del campo. Movimiento que es “frenado”, al interactuar con los campos eléctricos de los átomos.

Cuando se conecta un foco a una batería, se establece un campo eléctrico (energía eléctrica) que se mueve de la batería al foco. La batería pierde energía y el foco la gana, para convertirse en luz. Mientras la energía eléctrica se establece a una velocidad cercana a la velocidad de la luz, los electrones en promedio se mueven a centímetros por segundo.

El concepto de corriente eléctrica conlleva la necesidad de configurar explicaciones que no pueden ser “fácilmente” comprendidas por los estudiantes. Comprender que las cargas que se mueven son electrones que van a través del conductor.

2.6 Enseñanza en la Facultad de Ciencias de la Electrónica

Los temas relacionados con la corriente eléctrica son tratados en la facultad, mediante los cursos (Tabla 1). Desde el punto de vista de la tesis, el que los estudiantes, a partir del segundo cuatrimestre, se les hayan impartido los temas de la electrostática, debieron conceptualizar que la materia está formada por partículas con dos tipos de carga eléctrica. Además que tales cargas tienen un campo eléctrico y que responden a él; motivo para pensar que, junto con el concepto de dieléctrico – conductor, podrían a partir del tercer cuatrimestre construir un modelo que explicara lo que ocurre en el interior del conductor. En el tercer cuatrimestre, mediante el curso de Electromagnetismo, son instruidos específicamente sobre la corriente eléctrica; concepto de resistencia (ley de ohm); Modelo del electrón libre para el conductor; etc., sin que lleve a suponer que los estudiantes encuestados en el quinto cuatrimestre, deberían tener claro un modelo eléctrico de la conducción. Lo más trascendente es que en el séptimo cuatrimestre mediante el curso física electrónica, los alumnos son instruidos específicamente sobre el modelo de Bohr. Así, la expectativa es que para los estudiantes entrevistados en el séptimo y noveno cuatrimestre, deberían ser capaces de construir un modelo que explique el comportamiento eléctrico de los conductores en el momento que forman un circuito cerrado.

2.7 Programa de estudios de la facultad de ciencias de la electrónica

En la Tabla 1, se listan los cursos que en el transcurso de su formación reciben los estudiantes. Se puede ver que los conceptos relacionados con la corriente eléctrica son vistos desde diferentes contextos.

Materia:	Cuatrimestre:	Temas:
Laboratorio de Electromagnetismo	Segundo Cuatrimestre	II.- Electrostática 2.1 Ley de coulomb 2.2 Configuración de Campo eléctrico 2.3 Configuración de superficies equipotenciales.
Circuitos Eléctricos	Tercer Cuatrimestre	1.1 Carga y corriente. 1.2 Tensión. 1.3 Elementos de circuito: lineales y no lineales. 1.4 Ley de Ohm. 1.5 Análisis nodal con fuentes de corriente.
Electromagnetismo	Tercer Cuatrimestre	UNIDAD VI: Corriente y Resistencia. Eléctrica VI.1 Modelo del electrón libre para el conductor. VI.2 Corriente Eléctrica. VI.3 Conductores Lineales, Resistividad y la Ley de Ohm. VI.4 Concepto de la Resistencia y la Ley de Ohm macroscópica. VI.7 Concepto Fuente de Fuerza Electromotriz (fem).
Electrónica de Potencia Laboratorio	Quinto Cuatrimestre	II. Circuitos con Interruptores y Diodos. - Circuitos con interruptores y fuente de DC. - Con carga resistiva.
Física Electrónica	Séptimo Cuatrimestre	1.4 El modelo de BOHR. 1.5 Niveles de energía. 2.3.1 El electrón en el espacio libre. 2.4.1 El átomo con un electrón. 3.2 Conducción eléctrica en sólidos. 3.2.1 El modelo de enlaces y bandas de energía. 3.2.2 Corriente de arrastre. 3.2.3 La masa efectiva del electrón. 3.2.4 El concepto de hueco. 3.2.5 Metales, Aislantes.
Teoría Electromagnética	Séptimo Cuatrimestre	II.1 Campo eléctrico A) Ley de coulomb, Campo Eléctrico D) Potencial eléctrico

Tabla 1. Da a conocer las materias y grado donde se imparten los temas que son necesarios para contestar las encuestas con el tema de la “corriente eléctrica”.

2.8 Visión de los docentes de la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la BUAP sobre su función docente.

Con el propósito de conocer la visión de los docentes que imparten las materias relacionadas con la corriente eléctrica de la facultad de ciencias de la electrónica, se les hizo una encuesta con el Protocolo de Observación de la Enseñanza Reformada (RTOP) que consta de 25 artículos dividido en 5 subconjuntos: *“diseño e implementación de la lección”, “contenido (conocimiento proposicional)”, “contenido (conocimiento procedimental)”, “cultura del salón de clases, interacciones comunicativas”* y *“cultura del salón de clases, relación estudiante/profesor”*.

Según encuesta (RTOP) realizada a los docentes que imparten las materias listadas en la tabla 1, ellos consideran que en el plan de la lección y aplicación.

1. Estrategias y actividades educativas, respetaron de forma suficiente el conocimiento previo y las preconcepciones inherentes de los estudiantes (71%).
2. Que la lección fue diseñada para comprometer a los estudiantes como miembros de una comunidad de aprendizaje (75%),
3. La exploración de las ideas previas de los estudiantes, precedieron a la presentación formal del tema (78%).
- 4.- Se animó a los estudiantes a buscar y valorar modos alternativos de investigación o de solución de problemas (75%).
5. El enfoque y dirección de la lección fue determinada por las ideas que originaban los estudiantes (67%).

Respecto al conocimiento proposicional

6. Sus lecciones implicaron los conceptos fundamentales del tema (71%).
7. Consideran que la lección promovió fuertemente la comprensión conceptual (75%).
8. El promedio de los profesores encuestados consideran tener un sólido dominio del contenido inherente del tema en la lección (90%).

9. Con relación a los elementos de abstracción (por ejemplo las representaciones simbólicas, la construcción de la teoría) fueron promovidos cuando era importante hacerlo (84%).

10. Las conexiones con otras disciplinas y/o fenómenos reales fueron exploradas y valoradas (87%).

Con relación a los conocimientos procedimentales

11. Los docentes consideran que promueven que los estudiantes utilicen una variedad de medios (modelos, dibujos, gráficos, materiales concretos, manipulativos, etc.) para representar los fenómenos (80%).

12. Los estudiantes hicieron predicciones, valoraciones, hipótesis e idearon los medios para probarlos en un (78%).

13. Los estudiantes estaban activamente involucrados en actividades de pensamiento que provocaban que a menudo se implicara el pensamiento crítico de procedimientos (81%).

14. Los estudiantes reflexionaban sobre su aprendizaje (84%).

15. El rigor intelectual, la crítica constructiva, y las ideas desafiantes fueron valoradas (84%).

Cultura del salón de clase, Interacciones comunicativas

16. Los estudiantes estuvieron implicados en la comunicación de sus ideas a otros usando una variedad de medios y métodos (78%).

17. Las preguntas del profesor accionaron modos divergentes del pensamiento (81%).

18. Había una proporción alta de estudiantes hablando y una cantidad significativa de ellos, ocurrió entre los estudiantes (78%).

19. Las preguntas y los comentarios de los estudiantes determinaron a menudo el enfoque y la dirección del discurso de la clase el (71%).

Y la dirección del discurso de la clase

20. Había un clima de respeto por lo que tuvieron que decir los otros (87%).

Respecto a la Relación Estudiante/Maestro

21. La participación activa de estudiantes fue animada y valorada (90%).

22. Se animó a los estudiantes a que generaran conjeturas, estrategias de la solución alternativa, y maneras de interpretar la evidencia (90%).

23. En general el profesor era paciente con los estudiantes (85%).

24. El profesor actuaba como persona con muchos recursos, trabajando para apoyar y para realzar investigaciones del estudiante (90%).

25. La metáfora "el maestro como oyente" fue la característica del aula (65%).

Los porcentajes encontrados en promedio de la visión de los docentes, se pudo comprobar que los docentes como condición humana, creemos desempeñarnos de la mejor manera.

Capítulo III

Metodología

3 Resumen

En este capítulo, se muestran los modelos y su clasificación de trabajos reportados, y que son usados como referente para el análisis de los datos obtenidos. Se identifica el tipo de estudio como transversal, prospectivo y analítico. La investigación es tipo cuantitativo-cualitativo, en el que se exploran las ideas que los alumnos tienen cuando formulan explicaciones relacionadas con los conceptos relacionados con el tema de la “corriente eléctrica”. En consecuencia se presenta la actividad que se implementó que consta de 8 preguntas, un foco, un alambre y una batería.

3.1 Introducción

Se investigaron los modelos mentales de los estudiantes de electrónica sobre la corriente eléctrica. Se utilizó un método fenomenográfico para apoyar la investigación del desarrollo y el cambio de las concepciones sobre los conceptos básicos de la electricidad, en su caso indicar las acciones formativas más eficientes, e indicar a los docentes los logros y fallas de su trabajo docente.

Como estudio antecedente, Kibble (1999), investigó los modelos que los estudiantes construyen sobre el comportamiento de los electrones en movimiento a través de un conductor debido a una diferencia de potencial: ¿cómo se imagina la electricidad?, tema que abonan los muchos trabajos reportados en el campo de conceptos erróneos de los estudiantes relacionados con la electricidad y, en particular, los circuitos eléctricos (Osborne 1983, Shipstone 1984, Saxena 1992) y la corriente eléctrica (Joshua 1984, Webb 1992). Kibble solicitó a sus alumnos un dibujo de lo que podría estar pasando dentro de un alambre.

3.2 Muestra de modelos

Las imágenes son el vehículo para dar mejores ideas de lo que ocurre dentro del alambre cuando está conectado a un circuito activo.

En la Figura 3-1. El texto en inglés dice, imaginemos que somos muy pequeños y estamos en el interior del alambre, el dibujo nos muestra un alambre que no está conectado, en la otra parte del esquema se muestra una pila, 2 alambres y un foco, formando un circuito.

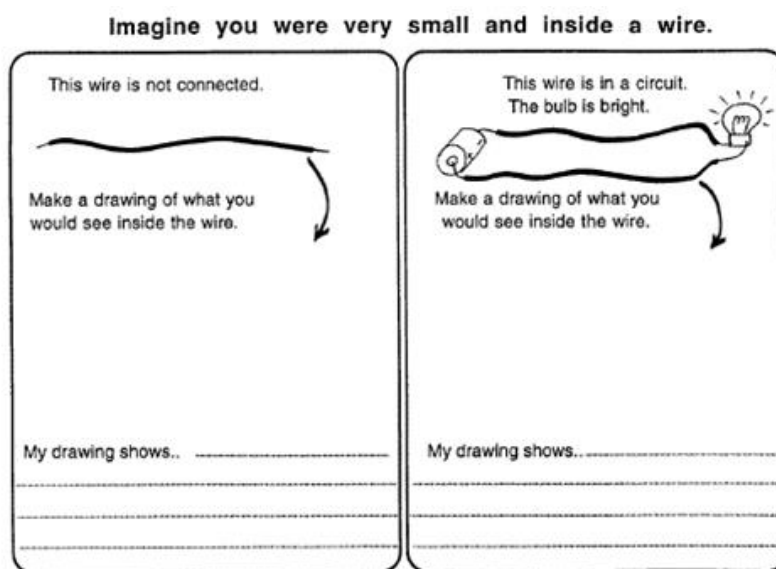


Figura 3-1. Es un esquema como dibujo muestra.

Bob, pide hacer un dibujo de lo que se vería en el interior del Cable.

Los siguientes dibujos extraídos de la publicación, muestran el tipo de modelos que los 89 estudiantes de 9 a 11 años realizaron después de una instrucción que califica como constructivista.

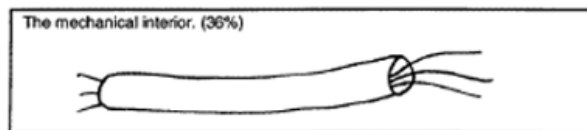


Figura 3-2. El 36 %, así imaginan al cable conductor.

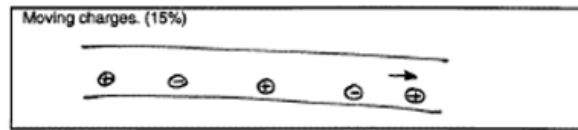


Figura 3-3. El 15 %, imagina que así circulan los electrones.

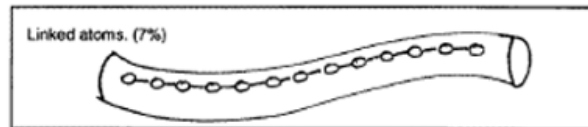


Figura 3-4. El 7 % de los niños así imaginan que es en el interior del cable.

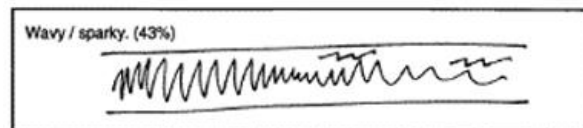


Figura 3-5. El 43 %, así imagina al interior del cable.

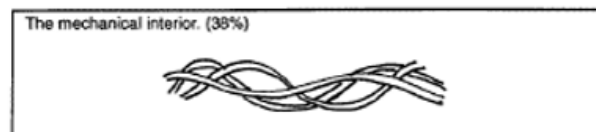


Figura 3-6. El 38 %, imaginan que hay varios hilos que conducen corriente eléctrica.

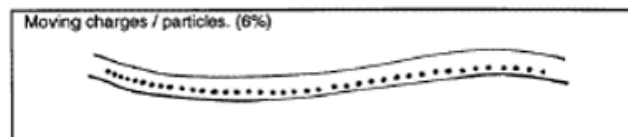


Figura 3-7. Partículas (electrones) circulando dentro del alambre.

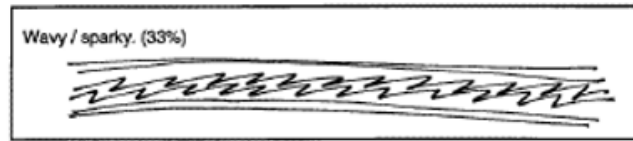


Figura 3-8. El 33 % de los niños, así imagina a la electricidad.

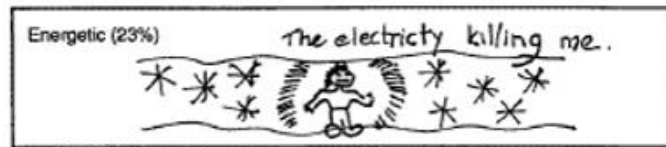


Figura 3-9. Si fuera pequeño en el interior del cable, la electricidad me mataría.

Bob, de sus observaciones consideró que a través del análisis la mayoría de los niños de primaria no utilizan un modelo de partículas para ayudar a visualizar la electricidad. Ellos ven a la electricidad como chispas, ondas, bolitas.

3.3 Tipos de Modelos

Etkina (2005), reprodujo una de las investigaciones más reconocidas sobre las concepciones de los estudiantes acerca de la corriente eléctrica (circuito eléctrico); "Los estudiantes reciben una batería, algunos cables y un foco y luego se les pide prender el foco", así, mediante entrevistas se exploraron las ideas de los estudiantes sobre el circuito eléctrico. Sus resultados fueron consistentes con los determinados por, Fredette y Lochhead (1980) de estudiantes universitarios, Osborne y Freyberg (1983-1985) y de secundaria. Etkina, categorizó las ideas de los estudiantes para explicar el flujo de corriente eléctrica en:

1. Modelo Consumo:

La batería es vista como la "fuente de electricidad", y el foco es visto como el consumo de la energía eléctrica (Maichle 1981).

2. Modelo Unipolar:

No existe ninguna corriente en el camino de retorno, el estudiante a menudo no incluye un cable de regreso del foco a la batería (Osborne, 1983).

3. Modelo Choque:

El flujo de electricidad se describe que llega al foco desde ambos extremos de la batería. Los estudiantes explican que se necesitan dos tipos de electricidad para encender el foco (Osborne, 1983). Este modelo es común en los estudiantes de 10 a 13 años de edad, y desaparece en la secundaria (Osborne y Freyberg 1985).

4. Modelo atenuación o consumo:

La corriente eléctrica fluye en una sola dirección, pero parte de la electricidad se utiliza por el foco Shipstone, et al (1985).

5. Modelo de circuito cerrado o bipolar:

La Corriente circula alrededor del circuito en una dirección dada y el circuito solamente funciona cuando el interruptor está cerrado, la corriente eléctrica no se puede conservar (Shipstone, et al 1985).

6. Modelo de fuente de corriente constante:

Este modelo abarca adecuadamente elementos de circuitos bipolares, la circulación de corriente en un ciclo y la necesidad de un circuito cerrado. Sin embargo, la batería se considera como una fuente de corriente y "se desgasta" con el tiempo, Cohen et al. (1983).

7. Modelo de Ohm:

El circuito es visto como un sistema de interacción, de tal manera que un cambio introducido en un punto del circuito afecta a todo el sistema. La corriente eléctrica es conservada y diferenciada de la energía, Osborne (1983) y Shipstone (1984).

Etkina (2005) considera que el modelo Ohm, será dominado por los estudiantes como resultado de su instrucción, es decir, cada una de las preconcepciones identificadas en los modelos, serán removidas con la instrucción.

Grotzer (2000), tratando la hipótesis de que la limitada comprensión de los estudiantes acerca de la naturaleza de la causalidad, limita su capacidad de aprender conceptos científicos complejos, que los modelos causales lineales son resistentes, propone una

secuencia de modelos conceptuales basados en el funcionamiento de los circuitos simples con la tendencia hacia la comprensión científica.

Modelo No causal = 0 puntos: los estudiantes dan sólo una configuración pero no pueden ofrecer una explicación.

Modelos lineales causales simples = 1 punto: son explicaciones que no van más allá de la idea de que la electricidad es agente causal. Incluyen conducción por un solo cable que va desde la batería hasta el foco.

Modelos lineales causales doble = 1.5 puntos: donde un segundo alambre contribuye de forma pasiva, la electricidad que fluye desde las dos terminales ("los electrones viajan por un lado y los protones viajan por el otro y chocan entre sí para producir luz". "Los electrones vienen de un lado de la batería y los protones de la otra y se atraen y se reúnen en el foco").

Modelos Cíclicos secuenciales causales = 2 puntos: electrones viajan alrededor del circuito de una manera secuencial, comienzan en la batería y viajan al foco, donde se gasta, se necesita tiempo para llegar al foco.

Modelos cíclicos causales simultáneos = 2.5 puntos: los electrones ya existentes en el circuito y se repelen entre sí, a medida que más electrones son repelidos por la batería, todos los electrones se mueven a la vez.

Modelos causales relacionales = 3 puntos: los electrones que fluyen de las áreas de mayor concentración hacia las zonas de menor concentración, la causa del "flujo" es debido al potencial eléctrico.

3.3 Diseño e Implementación

Tipo de estudio

Se trata de un estudio **transversal**, porque se observará y se hará una descripción de la muestra de la población estudiantil es en el periodo de primavera de 2015; **prospectivo**, ya que se registrarán los datos del estudio, según ocurran los resultados; **analítico** ya que hace una prueba de la hipótesis, es intervencionista y experimental.

Tamaño de la muestra

Se conforma con la suma igual a 126 alumnos que al momento, cursan primero, tercero, quinto, séptimo y noveno cuatrimestre.

Definición de las unidades de observación

El estudio es para los alumnos de la Facultad de Ciencias de la Electrónica por el Método de modelos esquemáticos de la corriente eléctrica.

3.4 Objetivos de las actividades aplicadas

La investigación es de tipo cuantitativo-cualitativo, se exploran las ideas que los alumnos tienen cuando formulan explicaciones relacionadas con los conceptos relacionados con el tema de la “corriente eléctrica”.

En consecuencia se implementó una actividad basada en investigaciones previas. El instrumento consta de 8 preguntas, un foco, un alambre y una batería.

Además, con el propósito de correlacionar las respuestas de los alumnos y su nivel cognitivo, se hizo uso de la prueba de Lawson. Con el propósito de investigar la posible evolución de las ideas provocadas por la instrucción y avance formativo, se realizó la encuesta a los grupos, de nuevo ingreso, tercer cuatrimestre, quinto, séptimo y noveno cuatrimestre.



Figura 3-10. Muestra los 3 elementos para la actividad que se denomina el foco.



Figura 3-11. Cilindro que representa el recorte de un alambre que aumenta su tamaño 10 veces.

3.5 Actividad: “El Foco”



Dibuja un esquema del circuito eléctrico que mediante el alambre, el foco y la batería, prenda el foco.

¿Qué supones que ocurre en el alambre cuando prende el foco?
Sabiendo que la materia como el cobre está hecha de **átomos**, mediante un **modelo o esquema** representa lo ocurrido en el alambre.



Explica tu modelo:

¿Cómo tu modelo explica la resistencia eléctrica?

¿Cómo tu modelo explica que eléctricamente el alambre se comporte a mayor temperatura la resistencia aumente y cómo que a bajas temperaturas disminuya?

¿Cómo tu modelo explica que en el alambre (filamento) se emita luz?

¿Cómo tu modelo explica el comportamiento eléctrico de los no conductores?

Matricula N°: _____

Grado: _____

Capítulo IV

Resultados y su análisis

4 Resumen

Se presentan y analizan los modelos que los estudiantes de cada cuatrimestre realizaron para responder la pregunta: “Dibuja un esquema del circuito eléctrico que mediante el alambre, el foco y la batería, prenda el foco”, análisis que se repite para las siguientes siete preguntas de la prueba. Para cada caso, se identifica la respuesta con el puntaje de admisión y los resultados de la prueba de Lawson.

4.1 Introducción

Con el propósito de identificar el nivel cognitivo de los estudiantes de cada uno de los semestres encuestados, se les aplico la prueba de Lawson, éste instrumento ampliamente validado, consta de 10 reactivos, con los que se identifica aspectos de razonamiento científico y matemático para analizar una situación, hacer predicciones al resolver problemas. En este caso en la figura 4.1, se muestran los resultados de su aplicación a los alumnos encuestados.

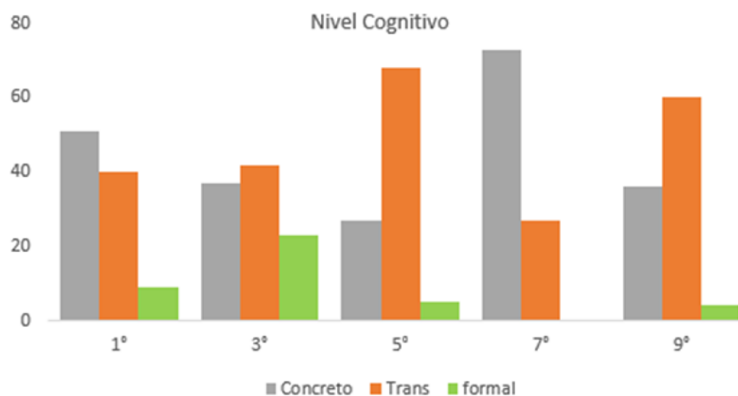


Figura 4-1. Gráfica que indica los niveles de razonamiento concreto, en transición y formal de los estudiantes de los semestres encuestados.

Aunque la muestra no es muy representativa, se puede observar que la distribución de la población en cada grupo es similar, resultado consistente con la teoría de Piaget, “los individuos a la edad profesional llegan con un nivel cognitivo que ya no cambia. Por otra parte muestra que en cualquier grupo de individuos la distribución de los tres tipos de individuos cognitivamente sigue una distribución normal.

El instrumento aplicado a los alumnos de electrónica, generaron datos cuyos resultados se presentan y discuten. Los primeros se relacionan con los esquemas que se les solicitó realizar antes de la actividad “Dibuja un esquema del circuito eléctrico que mediante el alambre, el foco y la batería, prenda el foco”, en segundo lugar se solicitó que, contestaran la pregunta “¿qué supones que ocurre en el alambre cuando prende el foco?, mediante un modelo o esquema representara lo ocurrido en el alambre, en tercer lugar que explicara su modelo. En cuarto lugar se solicitó explicar, como su modelo explica la resistencia eléctrica.

4.1 Esquema

Dibuja un esquema del circuito eléctrico que mediante el alambre, el foco y la batería, prenda el foco.



Figura 4-2. El alambre, el foco y la batería, elementos para el esquema del circuito.

El solicitar que mediante un esquema o dibujo (modelo mental) los estudiantes muestren lo que piensan, que se debe hacer para que encienda el foco, mostró los efectos de la enseñanza cuando el 30% en promedio dibujo los circuitos, correspondieron a esquemas enseñados y mostrados en los libros; circuito construido con dos alambres (circuito bipolar). Por otra parte el resto de dibujos, un 70%, en lugar de dibujar esquemas con un solo conductor, realizaron un dibujo: pila, alambre y foco, es decir debido a la falta de un conductor, ya no pudieron usar los símbolos de resistencia ($\text{---}\omega\text{---}$) y batería ($\text{---}|+|$). Como se observa en la figura 4-3, el uso del modelo unipolar, es mayor que el bipolar, pero también se observa que a medida el estudiante es instruido o cognitivamente madura, crece la idea de circuito esquematizado, al menos hasta el 7° cuatrimestre.

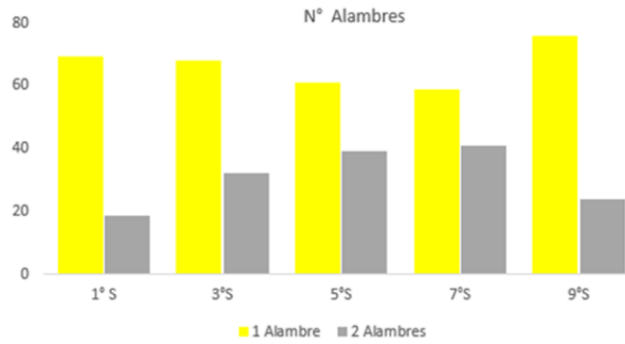


Figura 4-3. Gráfica que muestra porcentajes, el amarillo para alumnos que hicieron un esquema donde es posible encender el foco con un solo alambre; el gris para los alumnos que necesitan dos alambres.

4.3 Dibujos realizados según cuatrimestre y nivel cognitivo

Muchos alumnos se limitan a aprender de memoria fórmulas, esquemas y definiciones que no comprenden, pues los fenómenos que describen no están siendo interpretados de acuerdo a los modelos mentales que deberían ser construidos.

Se complementa la investigación con el puntaje obtenido en el examen de admisión y publicado por la Dirección de Admisión Escolar de la BUAP.

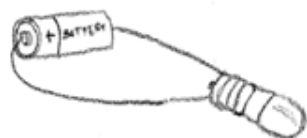
4.3.1 Alumnos de 1^{er} cuatrimestre



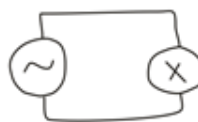
Figura 4-4 Dibujos que realizaron alumnos de pensamiento concreto, el primero obtuvo 599 puntos, el segundo obtuvo mérito académico, ambos por DAE.

Dibujos realizados por estudiantes calificados como concretos según la prueba de Lawson, y que difieren por el puntaje obtenido con el que fueron admitidos en la BUAP. Los dos estudiantes obtuvieron una calificación que los identifica como concretos, sin embargo uno de ellos ingreso por mérito académico. En los dibujos se observa, el primer estudiante (concreto con bajo puntaje por la DAE) tiene problemas con la conexión del foco, aunque ambos recurrieron al modelo bipolar.

En las siguientes figuras se muestran dos dibujos realizados por estudiantes identificados como quienes tienen un razonamiento formal. El primero realizo un dibujo muy concreto y el segundo un dibujo muy abstracto, sin embargo ambos requirieron del esquema bipolar.



F-926



F-900

Figura 4-5 Dibujos por alumnos de razonamiento formal.

4.3.2 Alumnos de 3^{er} cuatrimestre



C-651



C-768

Figura 4-6. Dibujos por estudiantes de pensamiento Concreto del tercer cuatrimestre.

Como en el caso anterior el primer dibujo lo realizó un estudiante concreto, se puede ver que sus trazos y conceptos de forma corresponden a su nivel cognitivo, el segundo también concreto realizo un híbrido entre dibujo-esquema, situación también realizada por un estudiante identificado como de pensador formal. Otro estudiante de pensamiento formal, recurrió al dibujo de la prueba para realizar su tarea.



F-923



F-885

Figura 4-7. Dibujos de estudiantes del tercer cuatrimestre de pensamiento formal

4.3.3 Alumnos de 5° cuatrimestre

Al igual que en los casos anteriores hubo una gran cantidad de esquemas bipolares; se cree que a medida que son instruidos los alumnos de la facultad de ciencias de la electrónica de la BUAP, hacen más uso de esquemas para diseños de sus circuitos. Como se puede ver en los siguientes dibujos de la figura 4-8, no hay diferencias significativas entre los esquemas realizados por alumnos de pensamiento concreto y formal. La idea de que los estudiantes de pensamiento formal de que tienden o son abstractos no se encuentra.



Figura 4-8. Dibujos por alumnos de quinto cuatrimestre con pensamiento concreto, No reportan diferencias significativas.

Respecto a que los estudiantes que ya cursaron el tercer cuatrimestre las materias Circuitos Eléctricos, donde trataron; Carga y corriente, Tensión, Elementos de circuito: lineales y no lineales, Ley de Ohm, Análisis nodal con fuentes de corriente, y el curso de Electromagnetismo, en el que se trató; Corriente y Resistencia Eléctrica, Modelo del electrón libre para el conductor, Corriente Eléctrica, Conductores Lineales, Resistividad y Ley de Ohm, Concepto de la Resistencia y Ley de Ohm macroscópica y Concepto Fuente de Fuerza Electromotriz (fem), en ningún caso manifestaron tales conocimientos como se muestra en la siguiente figura.

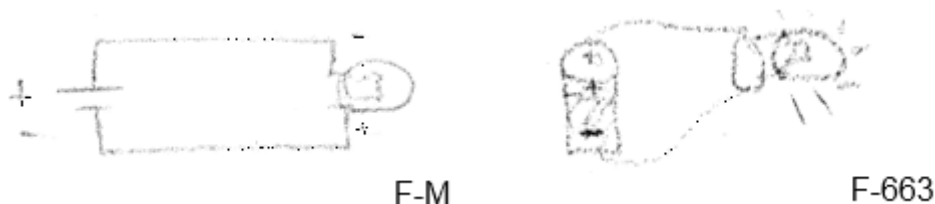


Figura 4-9. Dibujos realizados por alumnos quinto cuatrimestre, ambos pensadores tienen un razonamiento formal.

4.3.4 Alumnos de 7° cuatrimestre

En la figura 4-10, podemos ver que el alumno con razonamiento concreto iguala en puntos según DAE al de razonamiento transitorio, uno de los tres alumnos obtuvo 755 puntos.

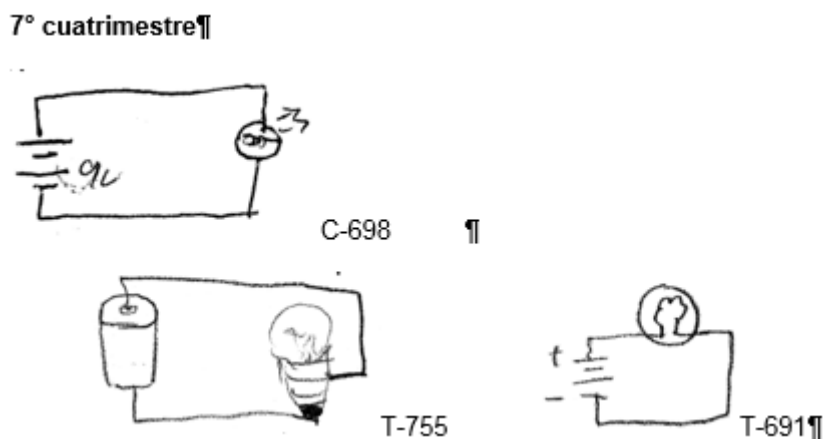


Figura 4-10. Dibujos por alumnos de razonamiento Concreto y Transitorio.

4.3.5 Alumnos de 9° cuatrimestre

Los alumnos con razonamiento concreto al primero es notable que le es difícil hacer que encienda el foco con un alambre, mientras que los alumnos catalogados como pensadores formales por la prueba de Lawson, hay gran diferencia en los puntos obtenidos por la DAE, el que obtuvo 649 puntos, sigue teniendo problemas para poder encender el foco con un alambre, mientras que el alumno de 858 puntos, ha mejorado su razonamiento, logra encender el foco con un alambre, lo podemos ver en la figura 4-11.

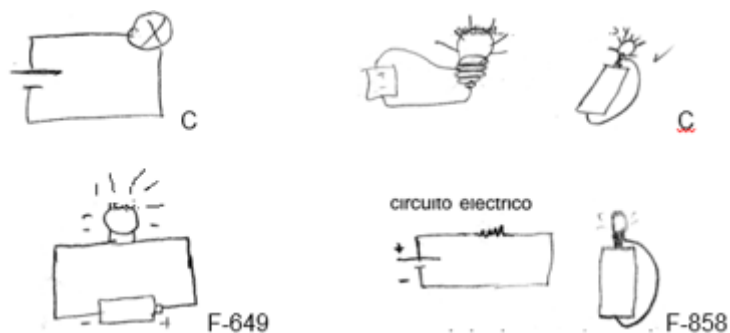


Figura 4-11. Dibujos de circuitos de pensadores con razonamiento concreto y formal.

4.3.6 ¿Qué supones que ocurre en el alambre cuando prende el foco?

Con la expectativa de que los alumnos pudieran visualizar o pensar sobre lo que debería ocurrir en el alambre, cuando por él hay una corriente eléctrica. Creyendo que por ser estudiantes avocados al estudio y aplicación de la electricidad, éstos tuvieran o manejaran modelos que explican lo no observable de la electricidad. Que son estudiantes que hacen uso específico de la electricidad, que es su motivo de vida profesional, que están siendo formados como aquellos que se cuestionan y responden a los mismos cuestionamientos, qué las instrucciones relacionadas con la corriente eléctrica, impactarán en sus modelos y explicaciones, finalmente que su madurez física-mental-experiencia, indicarán el desarrollo que los estudiantes deben experimentar. Se analizaron los datos recabados para cada nivel o cuatrimestre.

Los modelos que fueron dibujados para cada nivel, se clasificaron, por la frecuencia con la que hacen uso de un símbolo, objeto, etc. En el siguiente par de gráficos, se muestra el uso de + -, para apoyar su dibujo.

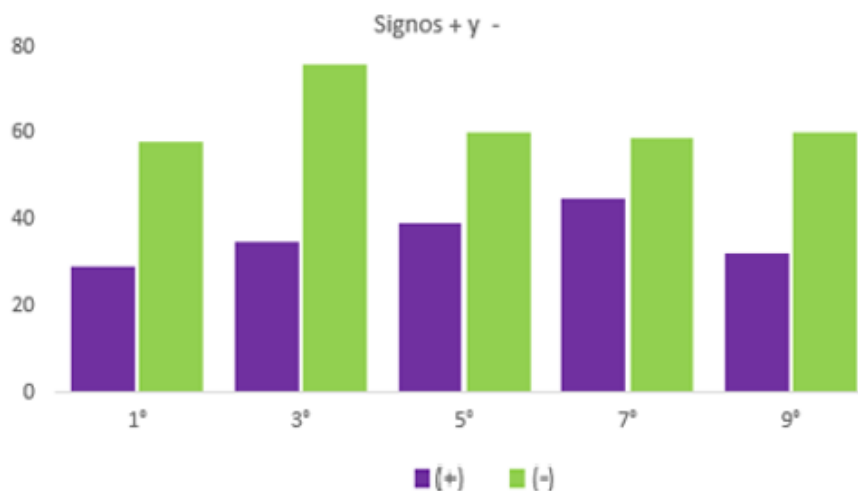


Figura 4-12. Grafica que indica porcentajes del uso del signo (+) y (-).

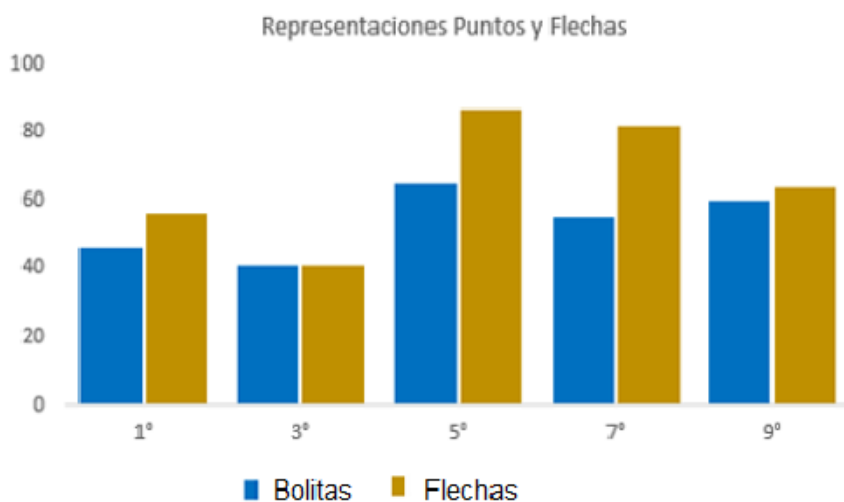


Figura 4-13. Grafica que indica porcentajes del uso de bolitas y flechas.

4.4 Explica tu modelo: Dibujando

1^{er} cuatrimestre

Al conectar el alambre a la batería y luego al foco, entonces se genera un flujo de electrones que proporcionan energía. Fig. 4-14.

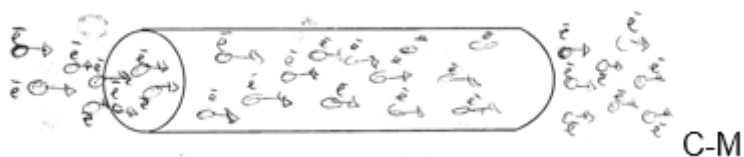


Figura 4-14. Esquema, el alumno dibuja el modelo que tiene en mente de razonamiento concreto y con mérito académico por la DAE.

Al pasar corriente eléctrica por el alambre este se calienta y la energía llega al foco.

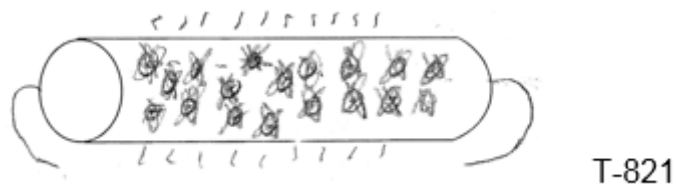


Figura 4-15. El alumno dibuja el modelo que imagina y tiene en mente.

A través del alambre hay un flujo de electrones los cuales generan corriente eléctrica además de que al haber un flujo de electrones en un conductor estos generan calor, es decir el alambre se calienta.

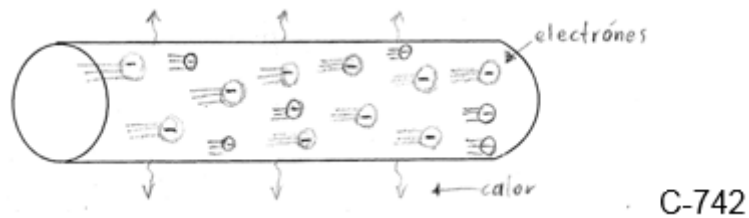


Figura 4-16. El alumno dibuja el modelo que tiene en mente.

El alambre permite cerrar el circuito, por lo cual permite el flujo de corriente, y de esta manera el foco prende, Fig. 4-17.

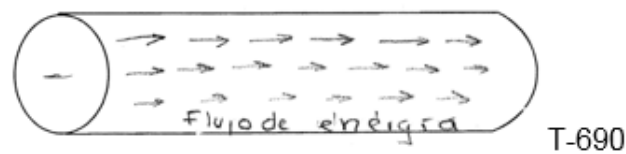


Figura 4-17. Dibujo o modelo donde las flechas señalan la dirección de los electrones.

A partir de una fem de 1.5 v se alimenta el foco.

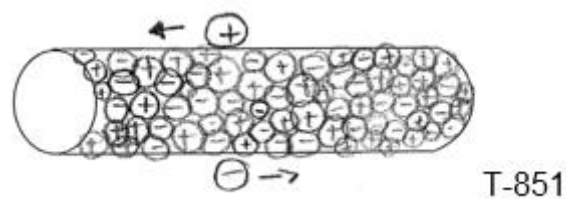


Figura 4-18. Dibujo por un alumno con razonamiento transitorio con alto puntaje por DAE.

3^{er} Cuatrimestre

Los iones cargados negativamente viajan hasta un punto en el que se vuelven a balancear con otros iones, o sea, un polo positivo. Fig.4-19

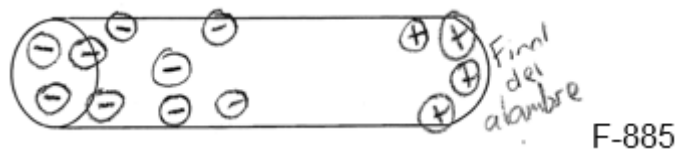


Figura 4-19. Esquema con electrones cargados negativamente y positivamente.

Existen materiales que tienen vacancias en su composición atómica las cuales son aprovechadas por los e^- para ir moviéndose también por la localización de e^- de valencia (los electrones buscan el camino para pasar por el alambre tienen una carga negativa), se muestra en la figura 4-20.

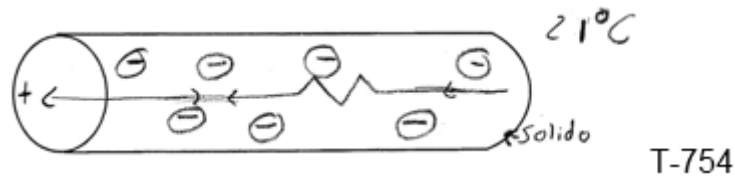


Figura 4-20. El alambre actúa como conductor de la energía pero también tiene una cierta resistencia a la misma, cuando los electrones atraviesan el alambre.

5° cuatrimestre.

El modelo explica el flujo de los electrones viajando a través del alambre hacia el lado contrario de la corriente, Fig. 4-21.

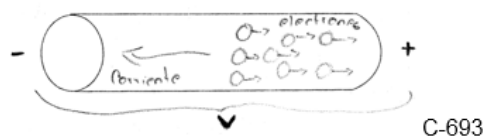


Figura 4-21. El flujo de electrones tiene dirección de - a +.

El alambre genera una resistencia al flujo de electrones. Fig. 4-22.

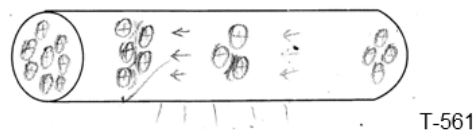


Figura 4-22. Se muestra la dirección de los electrones cargados positivamente, se calienta la el alambre.

Existen los medios físicos suficientes dentro del alambre, existe un flujo de electrones.

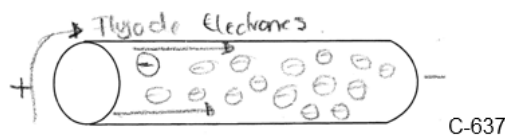


Figura 4-23. El esquema indica que los electrones van de + a -.

7° Cuatrimestre

Se produce un movimiento de electrones a través del alambre generando una corriente y un voltaje al cerrar el circuito.

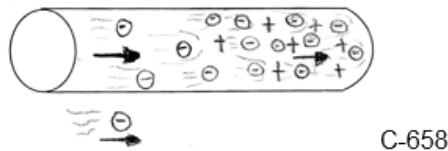


Figura 4-24. Modelo que explica que en el alambre las flechas indican la dirección del flujo de electrones y protones.

Como en las respuestas relacionadas con el circuito, los estudiantes que ya cursaron el tercer cuatrimestre, la materia Circuitos Eléctricos, donde trataron; Carga y corriente, Tensión, Elementos de circuito: lineales y no lineales, Ley de Ohm, Análisis nodal con fuentes de corriente, y el curso de Electromagnetismo, en el que se trató; Corriente y Resistencia Eléctrica, Modelo del electrón libre para el conductor, Corriente Eléctrica, Conductores Lineales, Resistividad y la Ley de Ohm, Concepto de la Resistencia y Ley de Ohm macroscópica y Concepto Fuente de Fuerza Electromotriz (fem), en ningún caso manifestaron tales conocimientos.

Los electrones se desplazan a través del alambre de la terminal positiva a la negativa. Fig. 4-25.

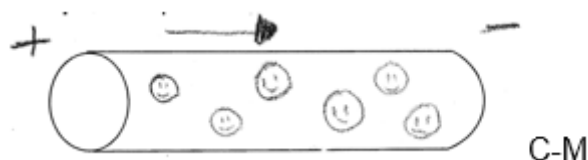


Figura 4-25. Esquema de un alumno con mérito académico.

...por mis conocimientos, puedo afirmar que hay un flujo de corriente a través del cable, es decir existen electrones moviéndose de positivo a negativo. Se muestra en la figura 4-26.

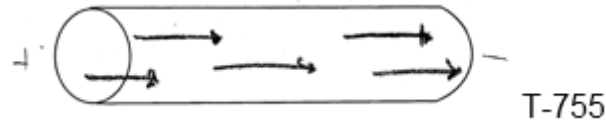


Figura 4-26. Modelo que por medio de flechas indica la dirección del flujo de la corriente eléctrica.

9° cuatrimestre

El flujo de energía es un campo eléctrico que cuando éste llega a un material este hace que giren las moléculas y como resultado se desplazan los electrones y hacen un flujo eléctrico llegando a otras moléculas que necesitan electrones llamados huecos, figura 4-27.

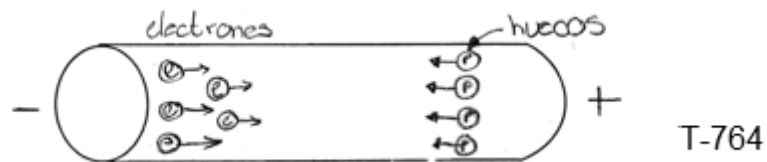


Figura 4-27. Dibujo de un estudiante con razonamiento en transición.

Por el material la forma del cable éste tiene resistencia al movimiento de los electrones, figura 4-28.

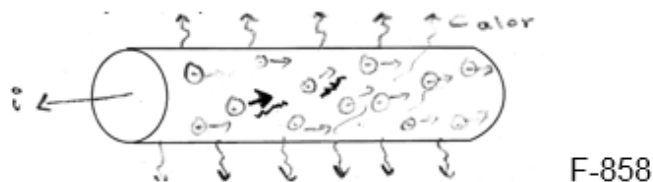


Figura 4-28. La dirección de la corriente es contraria al desplazamiento de los electrones.

La corriente fluye por el alambre que pasa por el foco y finalmente termina su recorrido, fig.4-29.

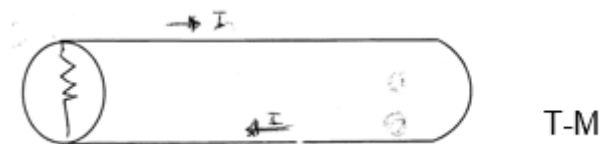


Figura 4-29. Dibujo por estudiante con razonamiento transitorio, obtuvo mérito académico.

En este trabajo, sostenemos que las dificultades de los estudiantes en el razonamiento sobre los circuitos eléctricos derivan en parte de los elementos de un modelo causal lineal subyacente persistente que los estudiantes tratan de aplicar y por falta de un repertorio de modelos intermedios de la causalidad.

De investigaciones realizadas por Tiberghien y Delacotte (1976), se mostró que niños de siete a trece años recibieron una batería, foco, y un trozo de alambre y se les pidió encender al foco, por lo general crean modelos "unipolar".

El modelo "unipolar" es la unión de una parte de la batería a una parte del foco y describen "flujo" de la electricidad como el movimiento de la batería al foco.

Resultados similares se encontraron con estudiantes de más edad, siete a dieciocho años, por Osborne y Gilbert (1980) y por Andersson y Karrqvist (1979), y con los estudiantes universitarios por Fredette y Lochhead (1980).

Andersson (1986) ha argumentado que este arreglo lineal simple encaja con nuestras ideas más primitivas de causalidad que Lakoff y Johnson (1980) llamados por primera vez la "gestalt experiencial de la causalidad (ECG)."

4.5 Explica tu modelo: Análisis

El solicitar que mediante un esquema o dibujo, (modelo mental) los estudiantes muestren lo que piensan que ocurre en el conductor, como una representación analógica de la realidad, ha mostrado que los alumnos están muy lejos de haber consistencia con los conceptos y teorías científicas. Situación causal de la mala comprensión de los fenómenos físicos.

Los estudiantes del primer cuatrimestre, además de no haber realizado un dibujo o esquema que representara adecuadamente lo que ocurre en el cable cuando por medio de él prende el foco, en consecuencia a la solicitud de una explicación sobre su modelo se encontró que ninguno formulo alguna idea que fuera calificada como

explicación, lo que realiza es un conjunto de descripciones (69%) que nada tienen que ver con lo que ellos dibujaron. Cuando creen saber lo que en el alambre ocurre, recurren a lo que denominamos interpretación del fenómeno (31%). Además, tanto sus descripciones como sus interpretaciones, están formuladas con ideas que manifiestan las ampliamente estudiadas ideas previas equivocadas.

Con la intención de provocar que los estudiantes aludieran a pensar que la pregunta solicita que se haga uso de sus ideas a nivel atómico, a la pregunta inicial: “¿Qué supones que ocurre en el alambre cuando prende el foco?”, se le agregó; “Sabido que la materia como el cobre está hecha de **átomos**, mediante un **modelo o esquema** representa lo ocurrido en el alambre”. El resultado mostró que los estudiantes no tienen desarrollado el concepto del modelo atómico de Bohr, y que la pregunta la entendieron de diferentes y muy variadas formas. Ningún estudiante llegó a hacer uso de la palabra átomo, ningún estudiante describió o interpretó, lo ocurrido en el interior del alambre, todas las frases están construidas con las acciones de conectar; “Al momento de poner el cable de cobre conectado con la batería y conectar el positivo con el negativo del foco enciende”; “Pasa la corriente necesaria para el foco, que son el flujo de los electrones transmitiéndose de un lado de la pila al foco”, “El positivo del foco se conecta con el positivo de la batería y el alambre conecta ambos negativos”; “A partir de una fem de 1.5 V se alimenta un foco”, otros aluden al paso de electrones describiendo lo que suponen son sus efectos; “Los electrones pasan por el cable en la dirección que es puesta la carga y si el alambre llegara a ser muy delgado este se calentara demasiado; “En el alambre hay un flujo de electrones, en otras palabras pasa una corriente eléctrica por el alambre”, “Los electrones se trasladan al foco en una dirección”.

Las preconcepciones que los alumnos tienen sobre un circuito eléctrico simple, son tales y tantos que no hay uno solo que se pueda suponer suficiente. Ejemplo de ello, son algunas de las siguientes ideas expresadas en diferentes contextos; La batería como fuente, el foco tiene polaridad, en un alambre los electrones van en una dirección y los protones en otra, el alambre se comporta como un conductor, intercambio de energía entre el foco y la batería, etc. Los siguientes recortes, muestran algunos de los errores cometidos:

Explica tu modelo:

En el modelo viajan electrones, protones y neutrones de carga positiva y negativa que ayudan al flujo de electrones

Al parecer el alumno supone saber sobre de lo que está hecha la materia, pero adolece de una idea sobre su estructura.

Explica tu modelo:

En el alambre pasa la corriente eléctrica que son los electrones atraídos por los protones de la pila.

El alumno maneja el concepto de tracción repulsión entre cargas eléctricas.

Explica tu modelo:

Al conectar el alambre a la batería y luego al foco, entonces se genera un flujo de electrones que proporcionan energía.

Es posible que el alumno considera que los electrones ceden o pierden energía. Es decir se mueven más lento o se desvanecen.

Explica tu modelo:

En el alambre recorren electrones tanto positivos como negativos

Los electrones pueden ser positivos o negativos y se mueven. También piensan que en el alambre los protones se pueden mover; Cuando se explica un circuito la electricidad toma una dirección, los protones se van a un lado y los electrones hacia el otro.

Explica tu modelo:

Al pasar corriente eléctrica por el alambre este se calienta y la energía llega al foco.

Energía en forma de calor, es la que hace que el foco ilumine.

II Explica tu modelo:

Los electrones pasan por el alambre,
lo cual hace que fluya carga y por ello
hay energía eléctrica.

Los alumnos que al momento de aplicar la encuesta se encontraban cursando el tercer cuatrimestre, a la solicitud: "Explica tu modelo", se encontró que no fueron capaces de desarrollar una explicación (0%), como lo hicieron los alumnos del primer cuatrimestre el 64%, citaron descripciones basadas en sus ideas mal establecidas, y finalmente el resto de alumnos (36%) respondieron con interpretaciones.

Hubo un solo caso, de un estudiante que se identificó, como alumno de pensamiento formal, que si bien no explica su modelo, si muestra tener idea sobre lo que ocurre en el alambre; "Cuando prende el foco, los electrones fluyen, es decir hay una corriente; los electrones pasan de orbital en orbital de los átomos del conductor", además su dibujo confirma su idea. Ver figura 4-30.



Figura 4-30. Modelo dibujado por alumno con pensamiento formal.

Las descripciones, se basaron en la energía; *Flujo de electrones que va de la pila al foco, ya que el alambre es un conductor de energía; La batería es una fuente de energía (es decir, tiene disponibles electrones a emitir), cuando se le conecta por medio del alambre al foco, entonces la batería expedirá su energía y se le suministrara al foco y este prendera; Los electrones con carga negativa pasan por el alambre para llegar a la terminal del foco y transformarse en energía luminosa; Los electrones fluyen del voltaje negativo al positivo y hacen encender el foco, la cantidad de electrones que fluyen depende de la resistencia del foco".*

Los siguientes son recortes que constatan, lo citado.

Explicación del modelo:

El alambre es conductor por donde se pueden transportar los electrones y convertir esa energía en calor.

Explica tu modelo:

Flujo de electrones que va del alambre y la pila al foco ya que el alambre es un conductor de energía.

Respecto a las interpretaciones, hacen alusión a las causas y describen lo que suponen en el conductor; “Existen materiales que tienen variaciones en su composición atómica los cuales son aprovechadas por los electrones para ir moviéndose por la localización de electrones de valencia”; “Cuando se conecta el alambre al foco y a la batería se cierra el circuito, el alambre opone una resistencia y evita que se quemé el filamento del foco; El alambre actúa como conductor de la energía que también tiene una cierta resistencia a la misma, cuando los electrones atraviesan el alambre.

Los estudiantes de 5°, como los de 1° y los de 3° cuatrimestre, no fueron capaces de entender el significado de la solicitud: “Explica tu modelo”. El 58%, formularon descripciones basadas en sus preconcepciones, todas ellas similares a las expresadas por los alumnos de primer y tercer cuatrimestre, y como las preconcepciones identificadas en la literatura. Por ejemplo los que se relacionan con el flujo de electrones, “La **corriente entra** por un extremo del cable y circula hacia el foco”; “Mediante la conexión de la batería el alambre y el foco mediante el cable se transmiten los electrones generando corriente lo que enciende el foco”; “Lo que sucede es que al conectar el foco en extremo y el alambre al otro extremo comienza el flujo de electrones”; “Es el flujo de electrones viajando hacia un lado contrario a la corriente”, en relación a la batería como fuente de corriente; “En los extremos del alambre podemos ver la polarización gracias a la batería, y con esta se prende el foco”; “Los electrones de la batería entran y desplazan a los del alambre, haciendo que llegue la corriente al foco para prenderlo”; “La energía química de la batería se convierte en eléctrica al pasar por un conductor, en el que va de un mayor potencial a un menor, buscando cerrar el circuito”.

Explica tu modelo:

El modelo explica el flujo de los electrones viajando
atraves del alambre hacia el lado contrario de la
corriente.

Explica tu modelo:

En el alambre pasan protones y electrones los cuales
van chocando en el camino provocando el flujo de corriente

Como en los casos anteriores, los estudiantes del séptimo cuatrimestre, no fueron capaces de formular explicaciones de sus modelos, lo que ellos escribieron fueron descripciones (76%). De ellas el 65% aluden a lo que ocurre físicamente; “Ocurre un flujo de electrones a través del alambre”, “Los electrones viajan a través del alambre el cual tiene poca resistencia y que ayuda al viaje de los electrones”; “Los electrones se desplazan a través del alambre y la cantidad de electrones que se mueven por unidad de tiempo se le llama corriente”. Se puede interpretar que los estudiantes que ya cursaron seis cuatrimestres, no han logrado desarrollar una idea básica del comportamiento de la corriente eléctrica. Además, siguen manteniendo equivocados sus conocimientos básicos de la electricidad: “Los electrones viajan a través del conductor al foco y dejan su “carga” en el foco y van al otro polo de la batería”; “A través del alambre pasa una corriente y un voltaje”; “Cuando se cierra el circuito los electrones fluyen del potencial (voltaje) más alto al más bajo, pasando a través de la carga (foco), generando una corriente eléctrica”, “La diferencia de potencial atrae a los electrones del polo positivo al negativo se crea un flujo de electrones que crean una carga que alimenta el foco”. En cuanto a sus interpretaciones sus concepciones están igualmente equivocadas; “Los electrones se mueven en sentido contrario a la corriente, puesto que la corriente se toma como la energía liberada entre los “huecos” que hay entre los electrones”; “El alambre aumenta su energía cinética, por la diferencia de potencial”; “Es un alambre de cobre que presenta baja resistencia eléctrica la cual propicia el flujo de corriente en él.

Los estudiantes que cursan el noveno cuatrimestre, no llegaron a formular explicación alguna, el 64% se avocaron a describir el evento, olvidando el contexto de la pregunta, el resto de los alumnos (36%) interpretaron de manera simple, sin comprometerse.

El contenido de los textos en lo general, están basados en ideas equivocadas que seguramente han mal aprendido a lo largo de los cursos. Ejemplo de ello son: *“El electrón que se encuentra en la parte A excita a los electrones que contiene el alambre y tenemos un electrón en la parte B (Flujo de electrones)”*; *“Tras el traspaso de electrones mediante la batería al alambre hay un flujo de electrones cubriendo los huecos y traspasando los electrones hacia el foco”*, ejemplos donde se alude a conceptos: excitación, huecos, efecto cadena, etc. Por otra parte, los estudiantes siguen basando sus conocimientos de electricidad en concepciones erróneas, por ejemplo: *“Pasa la corriente de la batería por el alambre y prende al hacer contacto con el metal del foco y el de la batería”*; *“Los electrones atraviesan el alambre salen del negativo de la batería y entran en el positivo”*; *“Por el alambre pasan protones y electrones”*, ideas expresadas por alumnos al ingresar a estudiar electrónica. Ante lo anterior, lo más sorprendente, fueron las frases que los estudiantes consideraron como explicaciones: *“Los electrones viajan de – a +”*; *“La corriente fluye por el alambre pasa por el foco y finalmente termina su recorrido”*; *“Es un circuito cerrado alimentado por una batería la cual alimentará al foco”*, *“Es una conexión en serie con la batería y el foco, ahí pasan los electrones”*, es probable que tales respuestas correspondan a estudiantes que no se interesaron en la actividad, esto se puede constatar al comparar tales respuestas con: *“Los electrones se mueven de menos a más como efecto dominó: un electrón empuja a otro y así se desplazan”*; *“Los electrones se mueven de átomo en átomo causando un efecto cadena de menor potencial a mayor potencial”*, frases que sin ser exactas reflejan un mal aprendizaje a la vez que interés por la actividad. También, es importante, por un estudiante, lo que cito: *“Un conductor está conformado o se puede modelar a través de bandas, la de conducción y de valencia, en la banda de conducción hay muchos electrones libres los cuales fluyen”*, frase que o bien explica lo que hace ser un conductor, o bien un semiconductor, modelo que fundamentalmente explica la existencia del estado sólido de los materiales conductores. Otro caso fue: *“El flujo de energía se origina en un campo dieléctrico que cuando este llega a un material este hace que giren las moléculas y como resultado se desprendan electrones y los electrones hacen el flujo eléctrico llegando a otras moléculas que necesitan electrones llamados huecos”*, frase que al parecer se basa en los modelos que se usan en electrónica para describir la conducción en semi-

conductores, apoyado en el concepto molécula (impurezas) a las que se les desprenden electrones.

4.6 Relación entre el tipo de ideas que expresan alumnos de electrónica y su nivel cognitivo.

Explica tu modelo:

1^{er} cuatrimestre

Ideas expresadas por alumnos de nivel concreto

- los materiales para el modelo son la batería, foco, cable de cobre; al momento de poner el cable de cobre conectado a la batería y conectar el positivo con el negativo del foco enciende.
- en el modelo viajan electrones, protones y neutrones de carga positiva y negativa que ayudan al flujo de electrones.
- en el alambre pasa la corriente eléctrica que son los electrones atraídos por los protones de la pila.

Ideas expresadas por alumnos de nivel transición/formal

- los electrones atraviesan al alambre de un lado al otro pasando de molécula en molécula
- existe un flujo de electrones que recorren el alambre en un sentido. Al existir este flujo sin una resistencia que regule la cantidad de electrones que pasan a través de él, el alambre tiende a calentarse
- la batería transfiere energía al foco para que éste encienda y por medio del alambre pasan los electrones

3^{er} cuatrimestre

Ideas expresadas por alumnos de nivel concreto

- se conduce la electricidad provocando por la fricción y el movimiento de los electrones
- a través del cable se pasa electricidad y como igual unes la mano, el ser humano es conductor
- el alambre es conductor por donde se pueden transportar los electrones y convertir esa energía en calor

Ideas expresadas por alumnos de nivel transición/formal

- cuando prende el foco los electrones fluyen del polo negativo al positivo, es decir hay una corriente; los electrones pasan de orbital en orbital de los átomos del conductor
- los iones cargados negativamente viajan hasta un punto en el que se vuelven a balancear con los otros iones, o sea, un polo positivo.

5° cuatrimestre

Ideas expresadas por alumnos de nivel concreto

- existen los medios físicos suficientes dentro del alambre, existe un flujo de electrones a través del ánodo hacia el cátodo
- lo que sucede es que al conectar el foco en extremo y el alambre al otro extremo comienza el flujo de electrones
- al cerrar el circuito hay diferencia de potencial y eso da la potencia necesaria para prender el foco

Ideas expresadas por alumnos de nivel transición/formal

- en el alambre está pasando una corriente que es un flujo de electrones con respecto al tiempo (estos electrones llevan huecos que hay en el alambre)
- la energía química de la batería se convierte en eléctrica al pasar por un conductor, en el que va de un mayor potencial a un menor, buscando cerrar el circuito

- los electrones corren hacia el lado positivo para equilibrar la falta de e^- en el lado positivo ahí se produce una diferencia de potencial que se convierte en voltaje y se enciende el foco

7° cuatrimestre

Ideas expresadas por alumnos de nivel concreto

- está circulando corriente (flujo de electrones) cuando enciende el foco y se cierra el circuito
- a través del alambre pasa una corriente y un voltaje
- los electrones viajan a través del alambre el cual tiene poca resistencia el cual ayuda al viaje de electrones

Ideas expresadas por alumnos de nivel transición/formal

- no hubo

9° cuatrimestre

Ideas expresadas por alumnos de nivel concreto

- dependiendo la corriente eso hace en el alambre los electrones viajan en ese sentido
- pasa la corriente de la batería por el alambre y prende al hacer contacto con el metal del foco y el de la batería
- el foco se conecta directo a la batería mediante un alambre

Ideas expresadas por alumnos de nivel transición/formal

- tras el traspaso de electrones mediante la batería al alambre hay un flujo de electrones cubriendo los huecos y traspasando los electrones hacia el foco
- la dirección de la corriente es contraria al desplazamiento de los electrones. Por el material y la forma del cable éste tiene resistencia al movimiento de los electrones

4.7 ¿Cómo tu modelo explica la resistencia eléctrica?

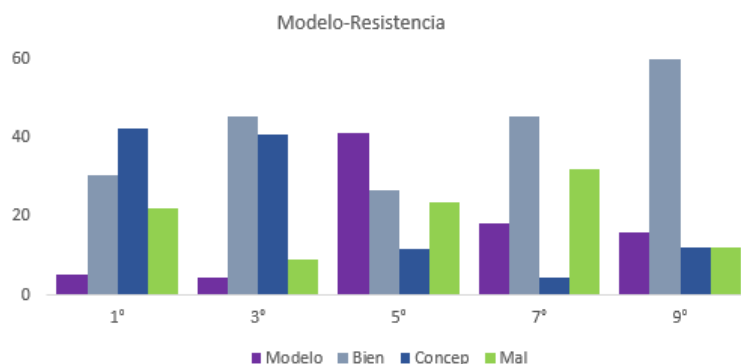


Figura 4-31. Grafica de resultados donde resaltan los porcentajes.

1^{er} cuatrimestre

Como se ve en la gráfica, solo el 7% de las respuestas de los alumnos del primer cuatrimestre, a la pregunta: **¿Cómo tú modelo explica la resistencia eléctrica?**, aludieron a ella, sin que esto implique que contestaron la pregunta;

“Mediante las ondas dibujadas, puede disminuir o aumentar”,

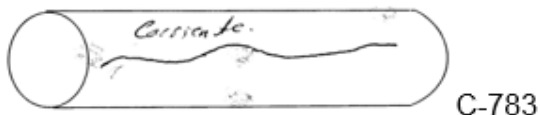


Figura 4-32. El esquema refleja poca información.

Sin embargo también se encontró que dos estudiantes manifestaron ideas sobre lo que se espera, los estudiantes responden; *“Mediante los choques de electrones con los protones, impidiéndoles pasar unos a otros”*, *“La resistencia se produce cuando los electrones y protones chocan entre sí”*.

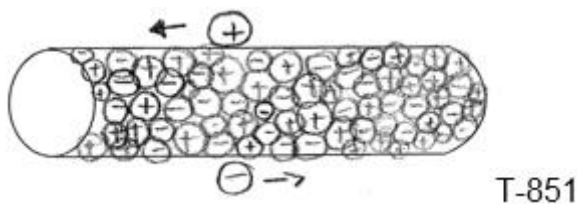


Figura 4-33. Este modelo refleja los choques entre electrones y protones.

"En el modelo indica como los electrones fluyen por ser el conductor un metal, si fuera otro material los electrones no podrían fluir".

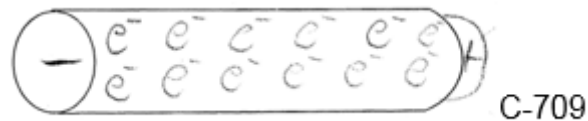


Figura 4-34. Dibujo de un estudiante de primer cuatrimestre.

Las respuestas categorizadas como correctas (29%), se refieren a descripciones sorprendidas para ser encontradas en las mentes de los alumnos que tienen al ingresar a la carrera. La mayoría referentes a la geometría del conductor (diámetro-longitud) y a su propiedad conductiva, sin hacer uso de los conceptos de conductividad o resistividad del conductor y con errores conceptuales: Depende del calibre del alambre, este va a dejar pasar un determinado flujo de corrientes", "La resistencia que ejerce el alambre depende del material de éste, su área transversal y longitud", "La resistencia eléctrica es la oposición de un material al paso de la corriente", "Al no ser un cable con tanto diámetro los electrones tienen dificultad para fluir", hubo tres casos en los que los alumnos hicieron referencia al foco; El filamento del foco actúa como una pequeña resistencia que a la hora de que los electrones pasan por él se calienta y genera luz" y uno más a la temperatura: Al pasar corriente a un extremo dependiendo si el alambre este frío fluirá más intensidad.

Lo que se puede considerar relevante es que el 42% de las respuestas manifiestan los errores conceptuales que mediante múltiples investigaciones se han identificado, más otras que hay que investigar:

- *...tenemos muchos electrones para el calibre del cable y esto aplica una resistencia eléctrica.*
- *...es la que va a regular la cantidad del flujo de la energía...*
- *...la resistencia eléctrica es representada mediante la conductividad del cable...*
- *...la resistencia eléctrica es la cantidad de electrones que pasan por el alambre...*

- *...el flujo de energía durante el alambre hace una resistencia...*
- *...la resistencia es la aparición del flujo de electrones...*
- *...el grosor del alambre indicara si el flujo de electrones es rápido o lento...*
- *...el alambre es de cobre por lo que no hay resistencia, es un conductor no semiconductor...*
- *...de acuerdo al grosor del alambre es con la velocidad que van a fluir los electrones...*
- *...el modelo dice que no hay resistencia ya que el alambre es conductor...*
- *...el alambre es capaz de transcribir la energía que recibe de la pila...*
- *...cuando se calienta permite el paso directo sin restricción...*
- *...el alambre no se comporta como resistencia eléctrica debido a que no tiene espiras...*
- *...la resistencia acumula electrones haciendo que la corriente disminuya...*
- *...para que tuviéramos resistencia eléctrica tendríamos que colocar un alambre de un calibre grande...*
- *...los electrones van de molécula a molécula y si permanecen estáticas disminuye la resistencia eléctrica...*
- *...el flujo de electrones hace que el alambre se caliente, eso crea la resistencia...*
- *...el cable no es completamente conductor, y el foco consume energía hay resistencias.*

El 22% restante, fue el porcentaje de frases que estuvieron fuera de contexto: “Mediante el pedazo de cable conectado al foco, la batería forma una resistencia alterna”, “Utilizando un cable adecuado para utilizar esos tipos de energías”, “...explica porque cuando el foco se enciende y no se funde”, “Al alimentarse con carga positiva y luego salir por medio del alambre haciendo una resistencia y saliendo por el lado negativo”, “explica que los electrones viajan en un sistema estable bajo una cantidad determinada, esta genera energía calorífica y en forma

de luz”, “Esta en el foco, en el filamento, se oponen, eso hace que se produzca el calor, se caliente y produce la luz”.

3^{er} cuatrimestre

Respecto a los alumnos que al momento de aplicar la encuesta se encontraban cursando el tercer cuatrimestre se encontró que sólo dos alumnos (9%) fueron capaces de entender la solicitud (explica);

“En el modelo se encuentran espacios ocupados representados por “o” que como se muestra didácticamente impide la movilidad de electrones, es como si hubiera “trafico”.

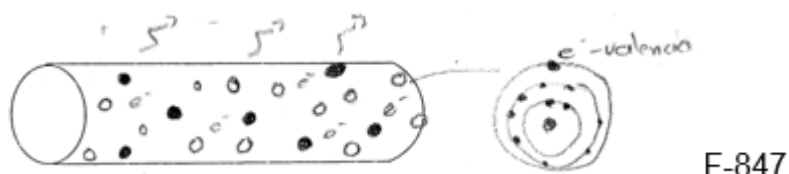


Figura 4-35. Esquema de un alumno con razonamiento formal con alto puntaje.

“Los electrones chocan y pasan de órbita en órbita de cada uno de los átomos que forman al conductor, eso hace vibrar los átomos, acumulando energía que se puede apreciar como calor”, fig. 4-36.



Figura 4-36. Dibujo de alumno con razonamiento formal, existe gran diferencia con la anterior figura.

En este caso, el 41% de las respuestas correspondieron a alusiones aprendidas basadas en lo general en la conductividad eléctrica:

- Por el alambre dependiendo de su conductividad.
- El foco es una resistencia, pero también el alambre tiene resistencia.

- Que todo cuerpo tiene una cierta resistencia eléctrica depende de su composición temperatura y estado en el que se encuentra.
- La resistencia eléctrica está en el alambre, se opone al paso de iones cargados o sea los electrones.
- La intensidad de la corriente depende del espacio que tengan los electrones para trasladarse por el material.
- La resistencia eléctrica es la impedancia al paso de la corriente.

Sin embargo también el 41%, citó sus ideas manifestando concepciones en conflicto:

...quizás por el grosor del alambre exista una resistencia que no deja pasar electrones.

- ...el alambre opone una resistencia al paso de electrones por lo tanto reduce el voltaje de salida.
- ...no hay oposiciones en el circuito por lo tanto prende el foco.
- ...no hay oposición en el circuito por lo tanto prende el foco.
- ...es el desplazamiento que tienen los electrones a través de un conductor.
- ...el material del foco es conductor con resistencia elevada, la corriente que retiene, junto a la potencia que disipa en forma de luz y calor demuestra que no solo fluye a través de él, es un elemento resistivo.

5° cuatrimestre

En este grupo (5° cuatrimestre) el 41% de las respuestas aludieron a lo que los estudiantes supusieron ocurre en el interior del alambre. Hicieron uso del concepto de átomo-electrón, y suponen en el interior hay impurezas y huecos, ideas derivadas del aprendizaje relacionado con los semiconductores:

Modelo de átomo

- La resistencia eléctrica se da cuando los electrones pasan de **átomo a átomo** llenando algunos espacios libres dando así un menor flujo de electrones.
- Se explicaría por medio de que tan propenso es el **átomo** en ceder o recibir electrones.

Modelo de huecos

- Coloque puntos muy pequeños que indican las **imperfecciones** del material y por ende la resistencia al flujo de electrones.
- Existe en todo material ciertas **impurezas** que afecta a la conductividad ya que cuando los electrones que se desplazan chocan con una disminuye su velocidad. Cuando hay demasiadas **impurezas** salen menos electrones y los que se quedan generan calor.

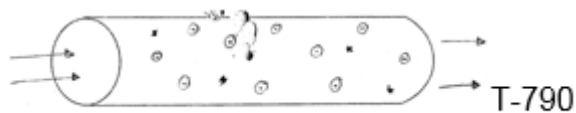


Figura 4-37. Un razonamiento en transición modela su dibujo.

- Mediante los **huecos** que hay en el alambre pasan los electrones mientras más **huecos** tenga el alambre el flujo de electrones es más fácil.



Figura 4-38. Indica la dirección de la corriente eléctrica (I).

- Hay espacios en los que van pasando los electrones, la resistencia es la aparición de esos electrones a través de los **huecos** y eso depende del material del conductor.
- Dependiendo de la cantidad de **huecos** que haya va a ser su resistencia, entre menos huecos más resistencia.

- Entre mayor cantidad de **huecos** la resistencia eléctrica es menor y entre menos huecos mayor resistencia.
- ...Pues el **hueco** se opone al movimiento de los electrones...
- La resistencia eléctrica sería la disponibilidad de **huecos** que haya en los átomos, si hay pocos el flujo de electrones sería poco y si hay muchos sería grande el flujo.

Al parecer los estudiantes han extendido el concepto de huecos como la población de átomos del material, sólo algunos identifican los huecos con impurezas en el conductor, lo que también implica que están extendiendo que impurezas en el conductor tienen el mismo efecto que en semiconductores.

Modelo de electrones libres

Se puede identificar que la resistividad la asocian a la cantidad de electrones libres, además que se requiere hacer trabajo para liberarlo del átomo. El comportamiento caótico de los electrones libres es visualizado localmente, no lo correlaciona con la acción del campo eléctrico aplicado por la batería al conductor.

- El cobre posee un **electrón** en su última orbita, lo que le hace un buen conductor ya que opone mínima resistencia, porque este **electrón** se desprende con el calor y es atraído por otro átomo que no tenga electrón en su última orbita.
- Por la **oposición** que tienen los **electrones** al moverse en un conductor en este caso el cobre y la pila.
- La resistencia eléctrica se debe a las **colisiones** entre los electrones a una escala macroscópica.
- La resistencia eléctrica se produce por la **colisión** de electrones, entre más movimiento se genera habrá más resistencia.

Las ideas con errores conceptuales muestran que los estudiantes no diferencian entre lo que es una resistencia y la causa (resistividad), además se manifiesta la idea de que la resistencia absorbe energía:

- ...para que exista corriente o flujo de corriente se necesita que haya un conductor el cual es el que se encarga de transportar todos estos electrones...
- ...a mayor grosor menor es la resistencia que opone ante el flujo de electrones...

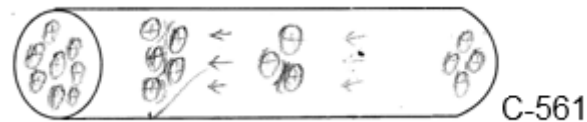


Figura 4-39. Dibujo de alumno con pensamiento concreto.

- ...el foco es una resistencia que absorbe energía y la disipa; 90% en forma de calor y 10% en luminosidad...
- ...la corriente eléctrica pasa por el material conductor a la velocidad que le permita el material...
- ...dentro del foco hay una resistencia eléctrica que genera calor y a su vez luz...
- ...la resistencia eléctrica es la que impide el paso de la corriente por esta razón el cable, grosor y tipo de material tienen cierta resistencia...
- ...el alambre tiene un flujo de electrones y como no hay una resistencia el flujo es directo...
- ...la resistencia se da mediante la colisión entre electrones...

También, el 25% de alumnos citan frases que adolecen de contexto, aluden a la dirección de la corriente:

...en qué sentido la corriente atrae el flujo de los electrones del positivo al negativo.

...debido a que los electrones viajan al sentido contrario a la corriente...

...ya que todo material tiene una resistencia pequeña esta se desprecia.

...el alambre tiene un tipo de resistencia, el cual se desprecia por el tamaño.

7° cuatrimestre

El 18% de los estudiantes, que aludieron a la pregunta, manifestaron ideas relacionadas con la resistencia; o no entendieron la pregunta; o no supieron explicar.

- En el **modelo**, la facilidad con la que los electrones se desplazan de la terminal positiva a la negativa es la resistencia eléctrica, Figura 4-25.

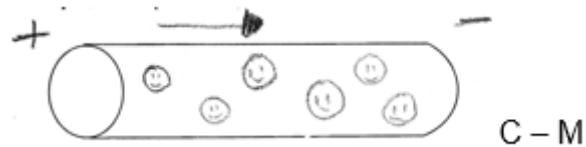


Figura 4-25. Esquema dibujado por alumno concreto con mérito académico.

- Lo **explica** porque si el alambre tuviese una resistencia eléctrica muy alta sería imposible encender el foco.

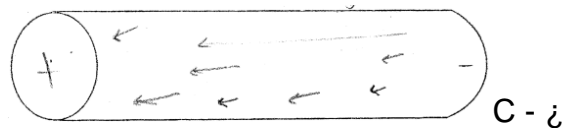


Figura 4-40. De alumno con razonamiento concreto de 7^o Cuatrimestre.

- Mediante las **flechas**, indico que los electrones no se mueven de forma lineal, ver figura 4-25.



Figura 4-25. Esquema dibujado por alumno concreto con mérito académico.

Sin embargo el 45%, dieron respuestas similares a las que se encontraron relacionadas con la resistencia (longitud, área, material) sin aludir al modelo que habían realizado.

- ...dependiendo del grosor y material del cable, es como se obtiene más o menos la resistencia eléctrica.

- ...la oposición que el conductor presenta al flujo de corriente.
- ...cada material tiene cierta resistencia que se opone al flujo de electrones.
- ...como el filamento se opone al flujo de corriente entonces disipa la energía en forma de calor y luz.
- ...el foco es la resistencia que limita la corriente.
- ...la resistencia que opone el material al flujo de electrones y tiene relación al área transversal, el material y la longitud.
- ...por medio de los principios básicos de la electrónica haciendo que los electrones fluyan a través del alambre.
- ...todo material tiene una cierta resistencia en el caso del cobre es casi nula.

Frases sin contexto relacionado con la pregunta:

Los electrones viajan más rápido con menor facilidad si el calibre del cable es mayor.

Una oposición al flujo de corriente/electrones.

...sí, puesto que la resistencia que se opone a la corriente de los electrones se conoce como resistencia.

El foco posee una resistencia eléctrica de tal manera que podemos establecer un circuito que haga encenderlo.

La velocidad del flujo de los electrones a través del alambre.

Es aquella que se presenta al inducir una corriente sobre cualquier material conductor.

Es que tanta oposición oponen a un flujo de electrones.

...restringe el paso de los electrones.

9° cuatrimestre

Como en el caso anterior, el 17% de los estudiantes, que aludieron a la pregunta, manifestaron ideas relacionadas con la resistencia; o no entendieron la pregunta; o no supieron explicar. Por ejemplo citan:

- “Si el material contiene átomos donde se necesita más energía para quitarle electrones entonces será difícil que se dé el efecto dominó”, fig. 4-41.

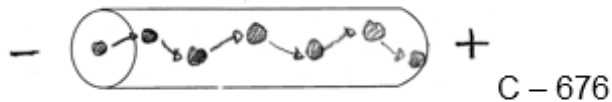


Figura 4-41. Dibujo por estudiante con nivel concreto.

- O bien; ***“El recorrido de los electrones en un alambre no es completamente lineal sino al atravesar el conductor chocan contra los átomos y se desvía eso hace que su velocidad disminuya”.***

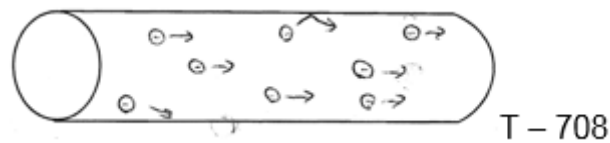


Figura 4-42. Esquema, alumno con razonamiento transitorio, admitido con 708 puntos.

- “La resistencia es el producto de las colisiones que suceden entre los átomos y los electrones”

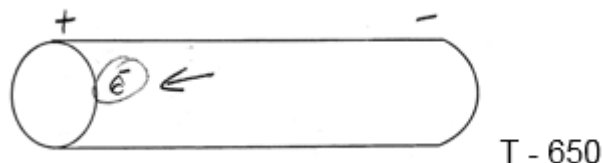


Figura 4-43. Esquema que carece de elementos e información.

- “La estructura, dependiendo de la materia, impide el avance de los electrones de manera 100% continua. Chocarán con imperfecciones, provocando que se requiera más energía y voltaje para producir mayor corriente”.

Quienes escribieron ideas ajenas a la pregunta pero manifestaron sus ideas “correctas”, aunque no precisas, fue del 60%, resultado que en promedio fue en el 10%, mayor que la población de respuestas del mismo tipo, ejemplo de ellas:

- La resistencia que tiene es dependiendo al alambre y a la temperatura ambiente.

- Que no existe mucha resistencia por lo que la que circula la mayoría de la corriente y por lo cual se puede prender el foco.
- La luz se genera debido a que un flujo de electrones atraviesa una resistencia, que es la bombilla o foco.
- La resistencia es la oposición del flujo de los electrones, mientras más flujo deje pasar menor resistencia tiene.
- Por las líneas internas del filamento, mientras más rebotes, mayor temperatura y resistencia.
- La resistencia se expresa en la parte del alambre y el foco y es conforme la permitividad del material, es decir hay varios tipos de conductores eso quiere decir que tienen distinta resistencia del flujo de electrones.
- Pues es como si los electrones navegaran en un material que se opone al libre flujo de los electrones o a la libre circulación de los mismos.
- El alambre a pesar de ser conductor posee cierta resistencia eléctrica que no deja fluir los electrones tan libremente como se piensa que lo hacen idealmente.
- Es la conductividad del material, la cantidad de electrones libres y la barrera que tienen que romper para el traspaso.
- Hay resistencia debido al calibre de alambre dado que su grosor define la cantidad de paso de electrones.
- El foco que es la resistencia se ilumina al oponerse a la corriente.

Además, se encontró que el 10%, de los estudiantes aun citan errores conceptuales:

- El alambre hace la oposición de la transmisión de la energía.
- La restricción del paso de los electrones y protones.
- El modelo utilizado hace que el flujo de corriente y electrones el alambre hace un medio resistivo para la obstrucción de los mismos.

Finalmente con el mismo porcentaje, citan ideas que además de estar mal formuladas se basan en sus errores conceptuales:

- Dependiendo del grosor del alambre es la potencia de encendido del foco.
- La resistencia eléctrica es el alambre en el cual fluyen los electrones o carga de la batería.
- El modelo anterior la resistencia eléctrica está presente por la temperatura y el tipo de material (metal).

Capítulo V

Conclusiones y Reflexión

En la aplicación de las encuestas se pudo ver que los estudiantes de primero y séptimo cuatrimestre pusieron mayor interés en resolver lo solicitado, aunque como ocurrió en los otros grupos, la mayoría no lograba hacer el modelo mental o esquema requerido.

No saben o no se imaginan lo que ocurre en el alambre, a pesar de que han tomado cursos para poder explicar lo solicitado, se nota que no han desarrollado los conceptos más necesarios.

Cuando se les proporciono una pila, un foco y un alambre, y se les solicito hacer prender el foco, hubo alumnos que no pudieron prender el foco, algunos dijeron que les hacía falta otro alambre para poder hacerlo prender, esto sucedió en todos los niveles y algunos de los dibujos no corresponden a lo que se les solicito.

Lo sobresaliente en todos los niveles son las frases en las cuales no emplearon palabras adecuadas que pudieron ser leídas en los programas de estudio, para poder explicar lo que ocurre en el alambre.

Olvidan utilizar los conceptos que han aprendido y visto en varios cursos.

Lo más interesante en ésta Tesis, es dar a conocer como modelan y explican los alumnos el comportamiento de la corriente eléctrica: a la solicitud de que representen por medio de dibujos lo que ocurre en el alambre, se nota que los dibujos no son adecuados. Mientras que en la explicación del modelo, una minoría (20 %) de alumnos explica, la mayor parte de los alumnos utilizo palabras inadecuadas que no corresponden a los conceptos de la resistencia o modelo de Bohr, sobresalen las descripciones e interpretaciones de lo que ocurre dentro del alambre.

Finalmente se encontró una buena correlación entre la prueba Lawson, modelos, descripciones, explicaciones y los puntajes obtenidos al ser admitidos por la DAE. (Dirección de Admisión Escolar), de los alumnos de todos los cursos. Además, como indica Piaget, después de los 18 años, el nivel cognitivo deja de desarrollarse.

Todo lo expuesto por los alumnos, fueron similares independientemente del tiempo (en los diferentes cursos).

Se recomienda a los profesores poner mayor interés en sus alumnos en el aprendizaje de los conceptos básicos en el Tema de la “Corriente Eléctrica”.

En la vertiente investigativa se busca mejorar la enseñanza de la electrónica en la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la psicología cognitiva en particular, la teoría de los modelos mentales, por su relación con los modelos conceptuales en la enseñanza de la física y electrónica, para ofrecer una rica oportunidad de acercamiento entre la investigación y el desarrollo curricular e instruccional en la enseñanza.

REFLEXIÓN

Puedo decir que los modelos mentales y los modelos conceptuales en la enseñanza/aprendizaje son herramientas de alto nivel que nos ayudan a entender, así como para resolver problemas en laboratorios y en las aulas, así estudiantes y profesores podremos lograr nuestros objetivos en la enseñanza de las ciencias.

REFERENCIAS

1. Collins A. & Gentner D. (1996 Lawrens), How people construct mental models, <http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/CollinsGentner87.pdf>.
2. Rhöneck Ch., Hochschule P. (2005), *Interactive Learning Environments*, Vol. 13, No. 1-2, April-August, pp. 15-37.
3. Clement J. (2000), Model based learning as a key research area for science education *International Journal of Science Education*, 22, (9), 1041-1053.
4. Clement, J. (1979). Analysis of clinical interviews: Foundations and model viability. Kelly, A. E. & Lesh, R. (Eds.). *Research methods in mathematics and science education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
5. Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994 Kapartzianis). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. New York: Routledge.
6. Duit & el von Rhöneck, (1998; John), Step-Wise Evolution of Mental Models of Electric Circuits: A "Learning-Aloud" Case Study.
7. Eisenck y Keane, (1991 Moreira), Modelos Mentales y Aprendizaje De Física En Electricidad y Magnetismo.
8. Furió, C. y Guisasola, J. (1998b). Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, 82(4), pp. 511-526.
9. Fredette, N. H., & Clement, J. J. (1981 Enkoç Koçyigi). Student misconceptions of an electric circuit: What do they mean? *Journal of College Science Teaching*, 11, 280–285.
10. Furió, C. y Guisasola, J. (1999 Solano) *Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento*. Enseñanza de las Ciencias, 17(3), 441-452.
11. Gentner & Stevens, (1983, Johnson–Laird, Lawrence, Jabot), *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
12. Gilbert, J.K. and C.J. Boulter, Eds. (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
13. Greca, I., (1995). *Tipos de representações mentais - modelos, proposições e imagens - utilizadas por estudantes de física geral sobre o conceito de campo eletromagnético*. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: IFUFRGS.
14. Greca, I. M. and Moreira, M.A., Engelhardt P. V. and Beichner R. J., (2004), Students' understanding of direct current resistive electrical circuits.
15. Gunstone, R. & White, R. (1981 Kapartzianis) Understanding of gravity, *Science Education*, 65, pp. 291-299.
16. Hammer, D. (1996 *Hildegard*). More than misconceptions: Multiple perspectives on student.
17. Heller, M. P. & Finley, N.F. (1992 Kapartzianis). Variable uses of alternative conceptions: A Case study in current electricity. *Journal of Research in Science Education*, 29(3): 259-276.
18. Jabot M. (2004), Assessing elementary and middle school students' understanding of electric current, SUNY Fredonia.
19. Johnson-Laird (1983).
20. Johsua, S. and J. Dupin (1987 Jabot, Lawrence, Melvin), Taking into account student conceptions in an instructional strategy: an example in physics. *Cognition and Instruction* 42: 117-135.

21. Jonassen (2005), *Interactive Learning Environments*, Vol. 13, No. 1–2, pp. 15 – 37, Model Building for Conceptual Change knowledge and reasoning, and an appropriate role for educational research. *American Journal of Physics*, 64(10), 1316-1325.
22. Jonassen D., Johannes Strobel and Joshua Gottdenker.
23. Kapartzianis A. S., Kriek J., (2011), The Perceptions of Cypriot Secondary Technical and Vocational Education Students About Simple Electric Circuits, <http://hdl.handle.net/10500/13486>.
24. Kibble, B. (1999) How do you picture electricity? *Physics Education*, 34, 226-229.
25. Küçüközer, H. & Kocakulah, S. (2007 Kapartzianis). Secondary School Students' Misconceptions about Simple Electric Circuits. *Journal of Turkish Science Education*, 4(1): 101-115.
26. Kyunghye CHOI and Hyunsook CHANG (2004) The Effects of Using the Electric Circuit Model in Science Education to Facilitate Learning Electricity-Related Concepts, *Department of Science*.
27. Licht, P. (1990 *Reinders*). A microscopic model for a better understanding of the concepts of voltage and current. Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: a central problem in secondary Science Education. P. L. Lijnse, Licht, P. Vos, W. de, Waarlo, A. J. Utrecht, CD-β Press: 316-327.
28. Maichle, U. (1981 Jabot). Representation of knowledge in basic electricity and its use for problem solving. Proceedings of the international workshop on "Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge". W. Jung, Pfundt, H., Rhoeneck, C. von. Ludwigsburg, Paedagogische Hochschule: 174-193.
29. McDermott & Shaffer (1992 Duit).
30. McDermott, L.C. & van Zee, E.H. (1984 Jabot). Identifying and addressing student difficulties with electric circuits. Proceedings of the International Workshop: Aspects of Understanding Electricity (pp. 39-48), Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, W. Germany.
31. Melvin S. Steinberg and John J. Clement, (1997), Evolving mental models of electric circuits.
32. Mentioui, A., Brassard, C., Levasseur, F. and Lavoie, M. (1996), the persistence of students' unfolded beliefs about electrical circuits: The case of Ohm's law. *International Journal Of Science Education*, 18, 193-212.
33. Moreira M. A. Greca Ileana María. Palmero M^a L. R., (2002), Modelos Mentales y Modelos Conceptuales en la Enseñanza & Aprendizaje de las Ciencias, (Mental models and conceptual models in the teaching & learning of science).
34. Norman, D. A. (1983 Johnson-Laird). Some observations on mental models In D Gentner and A Stevens, eds. *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 7-14.
35. Olimpia Lombardi (1998, La noción de modelo en ciencias, *Educación en Ciencias*, Vol II N° 45.
36. Osborne (1983 Bob y Jabot Solano, *Duit*), (81 Jabot Solano), (85 Kapartzianis).
37. Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technological Education*, 1(1), pp.73-82, Osborne y Freyberg (1983-1985).
38. Pfundt, H., & Duit, R. (2006 Kapartzianis). Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education. Kiel: IPN.
39. Pozo, J., P. E., M., Sanz, A. & Limón, M. (1992), Las ideas de los alumnos sobre la Ciencia como teorías implícitas. *Enseñanza y Aprendizaje*. Vol. 57, pp. 3-22.

40. Psillos, D., Koumaras, P. & Valassiades, O. (1987). Pupils' Representations of Electric Current Before, During and After Instruction on DC Circuits. *Research in Science and Technological Education*, 5(2): 185-199.
41. Reinders Duit, Institute for Science Education at the University of Kiel, Germany.
42. Reinders Duit, Institute for Science Vosniadou, Aprender y Comprender los Conceptos Claves de la Electricidad.
43. Rhöneck, (1997), Aprender y Comprender Los Conceptos Claves de la Electricidad, Institute for Science Education at the University of Kiel, Germany.
44. Rogers, Y., Rutherford, A. and Bibby, P.A. (1992) (eds.), *Models in the Mind: Theory Perspectives and Applications*.
45. Ronen, M. & Eliahu, M. (2000 Jaakkola). Simulation – A bridge between theory and reality: The case of electric circuits. *Journal of computer assisted learning*, 16, 14-26.
46. Saxena A. B. (1992 Bob), an attempt to remove misconceptions related to electricity *Int. J. Sci.Educ.* 14 157–62.
47. Selman, Jaquette, Krupa y Stone, (1982 Kapartzianis).
48. Selman, R.L., Krupa, M.P., Stone, C.R. & Jaquette, D.S. (1982) Concrete operational thought and the emergence of the concept of unseen force in children's theories of electromagnetism and gravity, *Science Education*, 66, pp. 181-194.
49. Shipstone D. M. (1984 Jabot), A study of children's understanding of electricity in simple circuits *Eur. J. Sci. Educ.* 6 185–7.
50. Shipstone, D., Rhoneck, C., Jung, W., Karrquist, C., Dupin, J., Jhosua, S. Y. Licht, P. (1988). A study of student's understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), pp. 303-316.
51. Shipstone, D.M., el von Rhöneck, C., Jung, W., Karrqvist, C., Dupin, J.J., Joshua, S., & Licht, P. (1988 Duit). A study of secondary students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education* 10, 303-316.
52. Taber, K. S., (2003 Bilal) Lost without trace or not brought to mind?—A case study of remembering and forgetting of college science, *Chemistry Education: Research and Practice* 4, 249–277.
53. Viard J. Khantine-Langlois F. (2001), The Concept of Electrical Resistance: How Cassirer's Philosophy, and the Early Developments of Electric Circuit Theory, Allow a Better Understanding of Students' Learning Difficulties *Science and Education*, Volume 10, Number 3, pp. 267-286(20).
54. Vosniadou, (1999), Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4, 45-69.
55. Webb P. (1992 Bob) Primary science teachers' understanding of electric current *Int. J. Sci. Educ.* 14 423–9.