

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 2</b>

Neiva, 2 de junio de 2014

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

GONZALO MARÍN OVIEDO, con C.C. No. 1075243748 y DERLY FERNANDA ORTÍZ RIVERA, con C.C. No.1075252336, autores del trabajo de grado titulado “Enseñanza y Aprendizaje del concepto de corriente eléctrica basada en analogías y metáforas”, presentado y aprobado en el año 2014 como requisito para optar al título de Licenciado en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental; autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Gonzalo Marín Oviedo

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Derly Fernanda Ortíz Rivera



## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2



## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 2 de junio de 2014

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

GONZALO MARÍN OVIEDO, con C.C. No. 1075243748 y DERLY FERNANDA ORTÍZ RIVERA, con C.C. No.1075252336, autores del trabajo de grado titulado "Enseñanza y Aprendizaje del concepto de corriente eléctrica basada en analogías y metáforas", presentado y aprobado en el año 2014 como requisito para optar al título de Licenciado en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental; autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

• Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

• Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Gonzalo Marín

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Fernanda Ortiz

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 4</b>

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA BASADA EN ANALOGÍAS Y METÁFORAS.**

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
MARÍN OVIEDO	GONZALO
ORTÍZ RIVERA	DERLY FERNANDA

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
GONZALEZ SIERRA	HERNANDO

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: LICENCIADO EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL.**

**FACULTAD: DE EDUCACIÓN**

**PROGRAMA O POSGRADO: LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL.**

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 4</b>

**CIUDAD: NEIVA                      AÑO DE PRESENTACIÓN: 2014      NÚMERO DE PÁGINAS: 96**

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

Diagramas\_\_\_ Fotografías\_\_\_ Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general **X** Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_  
 Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_\_\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o Cuadros **X**

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO: EVALUACION DE IDEAS PREVIAS; LECTURA SOBRE LA HISTORIA DE LA CORRIENTE ELECTRICA COMERCIAL; MAPAS CONCEPTUALES Y REDES SEMÁNTICAS DEL CONCEPTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Corriente eléctrica	1. Electric Current
2. Analogías	2. Analogies
3. Metáforas	3. Metaphors
4. Aprendizaje Significativo	4. Meaningful Learning
5. Modelo Mental	5. Mental Model

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

La mayoría de los conceptos de las ciencias naturales generalmente presentan dificultades de enseñanza y aprendizaje, y el concepto de corriente eléctrica es uno de ellos. Los estudios realizados por Antonio De Pro (2003), sugieren que los conceptos de física presentan dificultades de asimilación conceptual y aplicación procedimental y actitudinal. En este Trabajo de Grado se profundiza en cómo superar algunas de estas dificultades de aprendizaje de corriente eléctrica, mediante el uso de analogías y metáforas como estrategias didácticas, ya que ellas en muchas circunstancias, mejoran procesos de enseñanza-aprendizaje como lo expresan Gil y Martínez (2009) .

Algunos referentes teóricos que permiten avanzar en dichas estrategias son: las definiciones y propuestas de Linares e Izquierdo (2006), también La propuesta



## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 4

argumentativa de Zamorano, Gibbs, Viau y Moro, (2006a); Oliva, Aragón, Mate y Benat (2001) y la de Aguilar y Arroyo (2008); Por otro lado, referentes conceptuales como los de Young y Freedman (2009), los de Tippens (2007), los de Zamorano, Gibbs, Viau (2006b), Hierrezuelo y Montero (1989), y Centeno, Reneses y Sánchez (2007), que ayudan a identificar el concepto disciplinar, articulando en algunos casos las analogías y metáforas en ellos.

Además, este trabajo no solo trata de solucionar algunas dificultades de aprendizaje de corriente eléctrica con las estrategias didácticas mencionadas, sino que además aporta al aprendizaje significativo de dicho concepto, generando nuevos modelos mentales en los estudiantes acordes con las teorías científicas.

#### **ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The majority of natural science concepts often have difficulty teaching and learning, and the concept of electric current is one of them. Studies performed by Antion de Pro (2003) suggest that physics concepts present difficulties of conceptual assimuation and procedural and attitudinal application. This degree work studies in depth how to overcome some of these electrical current learning difficulties, through the use of analogies and metaphors as teaching strategies, since they in many circumstances, improve teaching-learning processes as Gil and Martinez (2009) express.

Some theoretical models that permit advancing these strategies are: The definitions and proposals by Linares and Izquierdo (2006), also the argumentative proposal by Zamorano, Gibbs, Viau, and Moro (2006a), Oliva, Aragón, Mate and Benat (2001) and by Aguilar and Arroyo (2008); On the other hand, conceptual models such as Young and Freedman (2009), those of Tippens (2007), those of Zamorano, Gibbs, Viau (2006b), Hierrezuelo and Montero (1989), and Centeno, Reneses and Sánchez (2007), help to identify the disciplining concept, articulated in some cases the analogies and metaphors in them.

Furthermore, this work not only tries to solve some learning difficulties of electrical current with the mentioned teaching strategies, but also supports meaningful learning of this concept, generating new mental models in students consistent wtih scientific theories.



## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 4

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>							
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>							
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>4 de 4</b>	

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: JUAN MANUEL PEREA ESPITIA

Firma:

Nombre Jurado: JUSTO PASTOR VALCARCEL M.

Firma:

Nombre Jurado: CLOTARIO ISRAEL PERALTA

Firma:

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA  
BASADA EN ANALOGÍAS Y METÁFORAS

GONZALO MARÍN OVIEDO

FERNANDA ORTÍZ RIVERA

Trabajo de Grado para obtener el título de Licenciado en Educación Básica con  
Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental

ASESOR: HERNANDO GONZÁLEZ SIERRA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS  
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

NEIVA

2014

## PÁGINA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Neiva

Fecha

---

## DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a todos los maestros que buscan en el día a día, nuevas formas de enseñar las ciencias a partir de la innovación, dedicación y esfuerzo, para que sigan adelante en esta ardua labor sembrando semillas, para que en el día de mañana germinen con mucho convicción y certeza en el pensamiento científico. También la dedicamos a nuestros padres, que con su ejemplo y esfuerzo constante se han convertido en paradigma para nuestras vidas. Y nuestras hermanas, que con su compañía nos dan ánimo, para no desfallecer.

*Gonzalo Marín Oviedo*

*Fernanda Ortíz Rivera*

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial el continuo acompañamiento de nuestro maestro y asesor Hernando González Sierra quien nos señaló el camino y el amor que profesamos por la física. Sin su permanente consejo, nuestra formación como licenciados adolecería de la pasión, el conocimiento disciplinar y la intención de retribuir a la sociedad los beneficios que la Universidad Surcolombiana nos ha permitido disfrutar.

También queremos agradecer a los maestros que nos leyeron, nos refutaron, nos señalaron aciertos y errores o sostuvieron una constructiva conversación con nosotros. En cualquiera de los casos, su cercanía y palabras ya eran acicate para nuestro trabajo: La Magister Zully Cuellar López, el Magister Francisco Amórtegui y el Magister Juan Manuel Perea. A todos ellos y a los que no mencionamos por olvido involuntario, muchas gracias.

Finalmente, recordamos y agradecemos a los estudiantes de la Institución educativa Técnico Superior de Neiva, que permitieron con su disposición y actitud que nuestra práctica profesional y nuestra investigación marcara pautas investigativas y pedagógicas innovadoras. En general al Programa de ciencias naturales de la Universidad, y al profesor Heber, en particular, quienes confiaron en este proyecto investigativo.

A todos ellos, infinitas gracias

*Gonzalo Marín Oviedo*

*Fernanda Ortíz Rivera*

## CONTENIDO

PÁGINA DE ACEPTACIÓN.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
LISTAS DE FIGURAS Y TABLAS.....	8
1. RESUMEN.....	9
2. INTRODUCCIÓN.....	10
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
3.1. ANTECEDENTES.....	12
3.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	14
4. OBJETIVOS.....	15
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
5. JUSTIFICACIÓN.....	16
6. MARCO TEÓRICO.....	18
6.1. REFERENTE DIDÁCTICO.....	18
6.1.1. El uso de analogías y metáforas.....	18
6.1.2. Modelo de enseñanza y aprendizaje en el uso de analogías y metáforas.....	23
6.2. REFERENTE DISCIPLINAR.....	25
6.2.1. Historia del concepto de corriente eléctrica.....	25

6.2.2. Conceptos específicos de corriente eléctrica.....	27
6.2.3. Mapa conceptual del concepto de corriente eléctrica.....	35
7. METODOLOGÍA.....	37
7.1 RUTA METODOLÓGICA.....	37
7.1.1. Identificación.....	37
7.1.2. Diseño.....	38
7.1.3. Cierre.....	39
8. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	40
8.1. IDEAS PREVIAS.....	40
8.2. DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA GUÍA DIDÁCTICA, LAS ANALOGÍAS Y LAS METÁFORAS.....	49
8.3. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE CADA CONCEPTO.....	62
8.4. RESULTADOS DE LOS MAPAS CONCEPTUALES Y REDES SEMÁNTICAS.....	71
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
10. BIBLIOGRAFÍA.....	80
11. ANEXOS.....	84
11.1. ANEXO 1. TEST DE IDEAS PREVIAS.....	84
11.1.1 ANEXO 1.1. Representación de las estructura atómica de los estudiantes.....	85
11.2. ANEXO 2. LECTURA SOBRE LA HISTORIA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA COMERCIAL.....	86
11.3. ANEXO 3. MAPAS CONCEPTUALES Y REDES SEMÁNTICAS DEL CONCEPTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA.....	91

11.3.1. ANEXO 3.1. Mapa conceptual del estudiante 1.....	91
11.3.2. ANEXO 3.2. Mapa conceptual del estudiante 2.....	92
11.3.3. ANEXO 3.3. Mapa conceptual del estudiante 3.....	93
11.3.4. ANEXO 3.4. Mapa conceptual del estudiante 4.....	93
11.3.5. ANEXO 3.5. Red semántica del estudiante 5.....	94
11.3.6 ANEXO 3.6. Mapa conceptual del estudiante 6.....	94
11.3.7. ANEXO 3.7. Mapa conceptual del estudiante 7.....	95
11.3.8. ANEXO 3.8. Red semántica del estudiante 8.....	96

## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 6.2.1. Analogías circuito D.C - Agua .....	33
Figura 6.2.2. Mapa conceptual sobre el concepto de corriente eléctrica.....	36
Tabla 8.2.1. Justificación de analogías y metáforas.....	52
Tabla 8.2.2. Guía didáctica.....	57

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS  
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA BASADA EN  
ANALOGÍAS Y METÁFORAS

Autores: Gonzalo Marín Oviedo y Fernanda Ortíz Rivera

Asesor: Hernando González Sierra

## 1. RESUMEN

La mayoría de los conceptos de las ciencias naturales generalmente presentan dificultades de enseñanza y aprendizaje, y el concepto de corriente eléctrica es uno de ellos. Los estudios realizados por Antonio De Pro (2003), sugieren que los conceptos de física presentan dificultades de asimilación conceptual y aplicación procedimental y actitudinal. En este Trabajo de Grado se profundiza en cómo superar algunas de estas dificultades de aprendizaje de corriente eléctrica, mediante el uso de analogías y metáforas como estrategias didácticas, ya que ellas en muchas circunstancias, mejoran procesos de enseñanza-aprendizaje como lo expresan Gil y Martínez (2009) .

Algunos referentes teóricos que permiten avanzar en dichas estrategias son: las definiciones y propuestas de Linares e Izquierdo (2006), también La propuesta argumentativa de Zamorano, Gibbs, Viau y Moro, (2006a); Oliva, Aragón, Mate y Benat (2001) y la de Aguilar y Arroyo (2008); Por otro lado, referentes conceptuales como los de Young y Freedman (2009), los de Tippens (2007), los de Zamorano, Gibbs, Viau (2006b), Hierrezuelo y Montero (1989), y Centeno, Reneses y Sánchez (2007), que ayudan a identificar el concepto disciplinar, articulando en algunos casos las analogías y metáforas en ellos.

Además, este trabajo no solo trata de solucionar algunas dificultades de aprendizaje de corriente eléctrica con las estrategias didácticas mencionadas, sino que además aporta al aprendizaje significativo de dicho concepto, generando nuevos modelos mentales en los estudiantes acordes con las teorías científicas.

## 2. INTRODUCCIÓN

Hoy en día los docentes de ciencias naturales han encontrado un campo enfocado a la identificación de los problemas de enseñanza - aprendizaje y su posterior solución. Este campo se denomina didáctica de las ciencias naturales y gracias a él se han identificado diversas dificultades de aprendizaje en la Física y una de ellas es específicamente el concepto de corriente eléctrica, que según investigaciones realizadas por Antonio de Pro (2003), Furió y Guisasola (1999) y Lillian C. Mc Dermott (1992) citada por Campos (2009), se han detectado en los estudiantes de básica secundaria.

A partir de lo anterior, nuestro Trabajo de Grado trata de dar soluciones a las dificultades de aprendizaje del concepto de corriente eléctrica, en los estudiantes de grado 1103 de la jornada mañana en la institución educativa Técnico Superior de Neiva, para generar aprendizajes significativos.

Para identificar el aprendizaje del concepto tratado, Ausubel (1976), Novak y Gowin, (1988), Días y Hernández (1998), afirman que si un estudiante es capaz de realizar mapas conceptuales o redes semánticas de un concepto general, muy seguramente él ha adquirido aprendizaje significativo de un concepto tratado. De esta manera se genera una evaluación de esta forma.

Es necesario incorporar estrategias didácticas capaces de dar solución a las dificultades de aprendizaje como lo propone Gil y otros (2009,) que contribuyen en una asimilación menos memorística y más significativa (Duit, 1991; Glynn, 1991, citados por Zamorano y otros. 2006a). Estas estrategias son las analogías y metáforas que reemplazarían más fácilmente las abstracciones específicas que se requieren en la comprensión del concepto de corriente eléctrica, de tal manera que sean más fáciles de asociar por los estudiantes. Según las argumentaciones de Oliva y otros (2001), citados por Linares e Izquierdo (2006), los análogos son tangibles para ellos, fáciles de acceder y relacionar, para que puedan comparar cada concepto usado en diversas circunstancias y así construyan un nuevo modelo mental.

En forma alternativa, se diseña una guía didáctica enfocada en la enseñanza expositiva, que procura enseñar los conceptos de manera general, para posteriormente dirigirlo a conceptos específicos, tal como se requiere en un aprendizaje significativo. Se presentan en esta guía tres momentos con sus respectivos propósitos, actividades y evaluaciones, para articular adecuadamente el trabajo de aula. Esto facilita la evaluación de cada concepto con el uso de analogías y metáforas, detectando dificultades de aprendizaje que se van clasificando, para su posterior aclaración con los estudiantes y para determinar qué tan eficiente es el uso de estas estrategias didácticas.

Considerando los esquemas antes expuestos, el trabajo se estructura justificando la importancia de introducir analogías y metáforas en la enseñanza de la física, desde las propuestas de Oliva y otros. (2001) y Linares e Izquierdo (2006); de las teorías cognitivas expuestas por López (2001); y del aprendizaje significativo de Ausubel (1976). En un segundo momento, se desarrollan los aspectos teóricos disciplinares de corriente eléctrica considerados en la mayoría de los casos desde diferentes analogías y metáforas utilizadas por Tippens (2007), Young H. y Freedman R. (2009), Zamorano, Gibbs y Viau (2006b), Hierrezuelo y Montero (1989), y Centeno, Reneses y Sánchez (2007).

Finalmente, se describe la metodología adoptada para llevar a cabo la indagación, mediante una ruta metodológica –que comprende las fases de identificación, diseño y cierre– y el análisis de los resultados obtenidos en las actividades de exploración, conceptualización y trabajo de laboratorio, para elaborar a partir de ello, las conclusiones y recomendaciones.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 ANTECEDENTES

Según el estudio realizado por Lilian C. Mc Dermott, titulada, “Investigación como una guía del desarrollo del currículo: un ejemplo de introducción a la electricidad: Investigación del conocimiento de los estudiantes”, citada por Campos (2009), encontró que hay dificultades para aprender el concepto de corriente eléctrica por parte de los estudiantes, pues tienen inconsistencias relacionadas con:

- El concepto de corriente eléctrica, ya que creen que la dirección de la corriente y el orden de los elementos es importante; tienen la idea de que la corriente es “totalmente usada” en un circuito.
- Dificultades de conceptos relacionados con diferencia de potencial, como la falencia para reconocer que una batería ideal mantiene una diferencia de potencial constante entre los terminales; no distinguen entre ramas conectadas en paralelo a través de una batería y conectada en paralelo a otra parte del circuito
- No discernen entre potencial y diferencia de potencial
- Confusión con conceptos relacionados con resistencia ya que carecen de habilidad para localizar un número de elementos o mallas, no distinguen entre resistencia equivalente en un circuito y la resistencia de un elemento individual,
- Problemas para identificar conexiones en serie y paralelo.

Otra investigación en detectar dificultades de aprendizaje del concepto de corriente eléctrica, es la de Antonio De Pro (2003), de la universidad de Murcia, en acuerdo con otros investigadores citados por él (Hierrezuelo y montero, 1989; Driver y otros, 1990; Pfundt y Duit, 1994; Varela y otros, 1999; García y otros, 1988; Valcárcel y otros, 1990; Pro y Saura, 1996; Saura y Pro, 2000; Pontes y Pro, 2001; Domínguez y otros, 2002) dicen que los estudiantes tienen el error de:

- Consideran la corriente eléctrica como un fluido que sale del generador y circula por el circuito.

- Confundir diferencia de potencial con intensidad de corriente.
- No distinguir términos derivados del lenguaje de la propia ciencia, como la resistencia como elemento y como magnitud representativa de conductores lineales, fuerza electromotriz como fuerza del generador.
- Asociar la resistencia eléctrica como una fuerza que se opone a la corriente eléctrica.

Particularmente el currículo de la Institución Educativa Técnico superior de Neiva involucra la enseñanza del concepto de corriente eléctrica, sin embargo en la práctica no se alcanza dicho objetivo debido a la poca intensidad horaria en el área de la física, y si lo hacen, la profundización que se hace al respecto es muy poca.

La mayoría de estudiantes que se gradúan mantienen un modelo mental alternativo muy diferente a las teorías de corriente eléctrica, sin embargo, una minoría de estudiantes si logran obtener un modelo mental más acorde a la teoría debido a que realizan la técnica de electricidad y electrónica que ofrece la institución, ya que su modelo pedagógico está enfocado en formar técnicos. De esta manera, nuestro trabajo de grado se enfocará en aquellos estudiantes que no escogen esta modalidad siendo el caso del curso 1103.

Una estrategia didáctica que puede utilizarse para enseñar la física y contribuir a resolver las dificultades antes mencionadas son las analogías y metáforas. Según el trabajo de Black y Salomón (1987), citado por Oliva y otros (2001), mostró que las líneas de investigación sobre analogías es un punto de interés para los investigadores. ¿Y por qué se interesan tanto? esto es debido a que muchos docentes tienen resultados alentadores en el aprendizaje mediante las analogías y metáforas, porque saben que es una potente estrategia de enseñanza para “construir nuevos modelos mentales” a partir de modelos mentales alternativos que ha construido el estudiante, ya que relaciona sus ideas previas con el concepto que va a ser asimilado por ellos.

Las analogías y metáforas tienen antecedentes al hacer alusión a estas formas del pensamiento creativo sin llegar a profundizar sus alcances y sus bondades en la adquisición de nuevos conocimientos, por eso es importante

aplicar esta estrategia didáctica ya que facilitan el aprendizaje significativo de los problemas conceptuales antes mencionados en los estudiantes, se necesita que usemos estos instrumentos, apoyados con una ayuda didáctica como lo son las guías, que son poco usadas por maestros cuando están basadas en las estrategias didácticas mencionadas anteriormente.

Encontramos de nuestra exhaustiva búsqueda que en la región surcolombiana no se encuentran estudios de estas investigaciones didácticas en el campo de la física, pero si a nivel internacional se ven aplicadas las analogías en los libros de física como el de Young y Freedman (2009) y Tippens (2007) y en investigaciones de Fernández, Portela, González, Elórtegui (2001) y Zamorano, Gibbs, Viau (2006b).

### **3.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Como afirman Linares e Izquierdo (2006), “lo que se pretende es que el uso de analogías sirva de medio didáctico para que el estudiante comprenda de una manera más clara lo que se quiere enseñar”. Con lo anterior podemos inferir que se puede crear un nuevo modelo mental acorde a las teorías científicas mediante el uso de analogías y metáforas para resolver las dificultades en el aprendizaje significativo del concepto de corriente eléctrica en los estudiantes, esto es porque la analogía se encuentra ligado al ámbito de investigación sobre los modelos mentales (Johnson y Laird, 1983) citado por Oliva y otros. (2001). Sin embargo, necesitamos plasmar estas analogías y metáforas en una guía didáctica que nos permita articular y organizar lo que se quiere enseñar.

Nuestra indagación respecto al problema tratado plantea la siguiente pregunta ¿Cómo diseñar y aplicar una guía didáctica para la enseñanza y el aprendizaje del concepto de corriente eléctrica basada en el uso de analogías y metáforas para los estudiantes del grado 1103 de la jornada mañana en la Institución Educativa Técnico Superior de la ciudad de Neiva?

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y aplicar una estrategia didáctica, basada en el uso de analogías y metáforas, para construir un aprendizaje significativo del concepto de corriente eléctrica en los estudiantes, mediante el diseño y aplicación de una guía didáctica basada en un modelo cognitivista de aprendizaje y enseñanza por exposición.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar analogías y metáforas adecuadas para el aprendizaje del concepto de corriente eléctrica.
- Diseñar una guía secuenciada de los sub-temas que se enseñan en el concepto de corriente eléctrica.
- Realizar una evaluación en forma de mapa conceptual o red semántica sobre el concepto de corriente eléctrica, para identificar el aprendizaje significativo adquirido por los estudiantes.

## 5. JUSTIFICACIÓN

Es bien conocido que la Física es la ciencia que estudia los fenómenos de la naturaleza, creando modelos desprovistos de complejidad para obtener soluciones simples. En una perspectiva propia la Física asume el estudio de la materia inerte y la energía, de acuerdo a las interacciones que hay entre ellas como lo son las producidas por la fuerza gravitacional, electromagnética, fuerza nuclear fuerte y débil.

Entonces, si es complejo definir y entender los diferentes conceptos en Física para los mismos científicos, por qué no lo ha de ser para un estudiante de bachillerato que apenas esta construyendo su modelo mental. Como dice Antonio de Pro (2003), “la construcción de cualquier conocimiento en Física es fruto de mucho tiempo de trabajo de científico, entonces ¿podemos pretender que estudiantes -aun adolescentes- deban aprender todo lo que se ha construido sobre un tema?”. Lo que se debe de enseñar en el aula de clase ha de ser básico, claro y sencillo para que el estudiante tenga un aprendizaje más significativo, es decir, que lo que aprenda hoy, esté tan fresco y bien construido dentro de 5 o más años. Es por esta razón que este Trabajo de Grado está fundamentado con la enseñanza clara y sencilla de conceptos que son complejos de asimilar significativamente por parte de los estudiantes para construir modelos mentales más acordes con la teoría científica.

Sabiendo que la enseñanza debe de ser clara y sencilla, entonces, cómo podemos aceptar el hecho de que muchos académicos y maestros tradicionales se basan en el “paradigmático método científico” definido como una técnica absoluta y universal dotada de reglas fijas que se han ido transmitiendo generación tras generación sea pertinente para enseñar conceptos. Éste paradigma no solo está presente en la sociedad sino que también se ubica en la enseñanza de las Ciencias (Novak, 1990) Y es muy frecuente que quienes sustentan esta creencia olvidan importantes características de los creadores de la nueva ciencia, tales como la invención de hipótesis y modelos, la creatividad y el uso de analogías y del razonamiento analógico para favorecer y fortalecer su pensamiento, generar nuevos conceptos, conocimientos y establecer una nueva teoría (Adúriz e Izquierdo, 2002).

La labor de facilitar un aprendizaje significativo en los estudiantes es una tarea compleja para los maestros de ciencias, la cual exige que se acuda al mayor número de estrategias didácticas. Es con este fin que se propone el uso de analogías y metáforas para explicar conceptos o nuevas teorías no conocidas por estudiantes a partir de modelos ya establecidos y asimilados por ellos en las clases de Física.

Esta forma de abordar un nuevo conocimiento en la didáctica amplia aun más el vasto universo de la enseñanza de las ciencias debido a que el uso de analogías y metáforas se ha convertido en una potente estrategia para diseñar estrategias metodológicas en la enseñanza de las Ciencias y en particular en la enseñanza de la Física (González y otros, 2007). También muestran su efectividad en estas formas del intelecto en su uso para fortalecer el pensamiento creativo (González y otros, 2008)

Hasta las personas que no trabajan con las ciencias usan analogías, comparan entidades que consideran similares en algún sentido, cuando consideran comunicar ideas sobre aspectos que nos son menos familiares, para esto recurren a otros referentes mejor conocidos y que se antojan semejantes en los aspectos que se quieren expresar. No obstante, en el trabajo científico las analogías suponen mucho más que una simple forma de hablar, pues se convierte en una potente estrategia cognoscitiva para el razonamiento y la explicación de esquemas conceptuales novedosos y más abstractos (Oliva, 2003).

La investigación sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje científico basada en analogías y metáforas ha adquirido importancia en los últimos años, pero vemos que son pocos los trabajos que presentan los estudiantes de licenciatura en ciencias naturales con referente a la didáctica. En este Trabajo de Grado se presenta una propuesta que permite hacer uso de las analogías y metáforas para la enseñanza de la Física.

## 6. MARCO TEÓRICO

Según el problema planteado en nuestro estudio éste debe abordar teóricamente conceptos relacionados con en el referente didáctico como el uso de analogías y metáforas y el modelo de enseñanza y aprendizaje en el uso de analogías y metáforas; con respecto al referente disciplinar tenemos, historia del concepto de corriente eléctrica, conceptos específicos y mapa conceptual del concepto de corriente eléctrica.

### 6.1 REFERENTE DIDACTICO

#### 6.1.1. El uso de analogías y metáforas

Para comenzar la argumentación de las estrategias didácticas en el uso de analogías y metáforas es pertinente empezar por sus significados específicos, ya que algunos maestros confunden estos dos términos que son muy semejantes entre sí. Según las definiciones dadas por Linares e Izquierdo (2006), se tiene que:

**ANALOGÍA:** es una comparación entre dominios o campos de conocimientos que mantienen cierta relación de semejanza entre sí.

**METÁFORAS:** son comparaciones implícitas. Son un instrumento del lenguaje en el que se sustituye un elemento del objeto por otro del análogo, utilizando para ello una relación de identidad en el sentido figurado, pero no se dan detalles ni referencia acerca de las relaciones exactas que conforman la analogía implícita a la que se está aludiendo.

## ANALOGÍAS

La importancia de las analogías es que son estrategias poderosas que se utilizan en el proceso de enseñanza - aprendizaje para hacer familiar aquello que no es muy accesibles. Permiten relacionar una situación cotidiana para el estudiante con otra desconocida o nueva, facilitando la relación de la información y la elaboración de estructuras de conocimiento más comprensibles. Contribuyen, de esta forma, a un aprendizaje menos memorístico y más significativo (Duit, 1991; Glynn, 1991, citados por Zamorano y otros. 2006a). Su objetivo es facilitar la comprensión de los conceptos científicos teóricos, conceptos para los que no existen ejemplos perceptibles en el entorno.

Hay que aclarar el delicado uso de las analogías porque a veces genera errores conceptuales en los mismos estudiantes por el hecho de que no se explica a fondo el límite de las analogías, ya que siempre presentan diferencias conceptuales con el objeto a comparar. No se trata de que si son útiles o no las analogías, lo importante es que se tenga en cuenta cuáles son las condiciones a partir de las cuales las análogas pueden llegar a resultar útiles desde el punto de vista didáctico. Lo anterior exige determinar los rasgos metodológicos que pueden mejorar su efectividad en la enseñanza.

Según Duiy y Wilbers (2000), oliva (2001) y otros, citado por Linares e Izquierdo (2006), los atributos, recomendaciones, pautas y cuidados que ha de presentar el uso de analogías, ya que en muchos casos ha fracasado, son:

- El uso de analogías es espontaneo.
- El uso de múltiples analogías puede ser a veces conveniente, si el dominio objeto es muy amplio.
- El objetivo que se quiere enseñar debe ser realmente difícil para que se requiera una analogía.
- El dominio o análogo debe de ser familiar para el estudiante.
- Las analogías presentadas en libros y en las clases necesita de una guía considerable.
- El análogo debe ser más accesible que el objetivo, es decir, debe referirse a una situación más conocida o cotidiana, para que los estudiantes la encuentren más familiar.

- La analogía debe ser concreta, y por lo tanto debe poder presentarse a través de una imagen o de algo tangible. El uso de representaciones visuales puede ayudar de forma importante a la comprensión de la analogía.
- El análogo empleado debe simplificarse todo cuanto sea posible, de tal manera que se elijan solamente los atributos que realmente permitan aproximarse al fenómeno que se quiere resaltar.
- La semejanza entre los fenómenos comparados no debe ser demasiado grande, ya que sería tan obvia que la analogía dejaría de ser estimulante para el estudiante. Tampoco ha de ser demasiado pequeña, pues se dificultaría el proceso de encontrar las relaciones entre los dos.
- Debe evitarse el uso de análogos de los cuales los estudiantes tienen ya sus propias concepciones alternativas. Igualmente, es recomendable abstenerse de utilizar análogos que pudieran generar en ellos actitudes poco favorables. Ambas situaciones podrían provocar resultados contrarios a los deseados.

Según Oliva y otros (2001), la construcción de las analogías requiere al menos de tres etapas:

1. Buscar la génesis de la analogía, que abarcaría la delimitación del objeto y del establecimiento de las relaciones entre ambos.
2. Establecer la aplicación de las analogías para obtener conclusiones que permitan comprender mejor el análogo incluso para poder llegar a realizar predicciones.
3. Establecimiento de diferencias entre el objeto y el análogo y de limitaciones en la analogía.

La decisión del profesor juega un papel importante en esta última etapa, debido a que se ha de plantear los siguientes aspectos:

- Cuál es la analogía que va a emplear.
- Cuál será el modelo didáctico que dirija su proceso de construcción.
- Cuáles son sus fines que se persigan con ella.

Damos dos definiciones que presentan las analogías dichas por Linares e Izquierdo (2006) y son pertinentes al tener en cuenta en nuestro proyecto de investigación, las cuales son:

- Análogos múltiples: son análogos que pueden ser utilizados para explicar distintos objetos.
- Análogos equivalentes: son analogías diferentes que pueden ilustrar un mismo objeto.

Así mismo las analogías pueden ser

- estructurales: utiliza el análogo de manera descriptiva
- funcionales: utiliza el análogo con referente al comportamiento del objeto a comparar

En conclusión, una buena analogía debe de cumplir con tres condiciones claves propuestas por Thagard (1992), citado por Linares e Izquierdo (2006):

- Pragmática: el propósito que se persiga con la analogía debe de estar claro incluyendo su limitación
- Semántica: el uso de términos debe de tener significados similares en ambos dominios
- Estructurales: es clave la similitud en las relaciones entre objetos.

Además, las funciones en el ámbito educativo que pueden tener las analogías según Ortony (1975) citado por Linares e Izquierdo (2006), pueden utilizarse como un conjunto compacto de instrucciones para reconstruir la experiencia de los sujetos; también permite expresar algunas experiencias difíciles de describir en términos puramente lingüísticos, sin recurrir a una descripción literal que resulta difícil; además son un medio de comunicación vivo, cercano a nuestra experiencia perceptiva, cognitiva o emocional.

## **METÁFORAS**

La otra estrategia didáctica de gran importancia son las metáforas, que están también presentes en la enseñanza de las ciencias, usando el análogo en el sentido figurado. La necesitamos para hacer comprensible a los demás nuestro pensamiento, especialmente cuando explicamos un concepto científico, la necesitamos inevitablemente para representar mediante una imagen objetos abstractos, además de ser un medio de expresión es la metáfora un medio esencial de intelecto.

En la ciencia, hay innumerables conceptos que tuvieron origen metafórico, desde gravedad a campo, desde espectro de colores a efecto mariposa, desde agujero negro a la manzana en caída libre de Newton. La metáfora es un instrumento mental imprescindible, es una forma del pensamiento científico (Fernández, 1998 citado por Aguilar y Arroyo, 2008), del cual podemos utilizar para construir modelos mentales conexos con el conocimiento científico que es abstracto y difícil de comprender y describir.

Como el caso de las analogías, las metáforas también tienen que reducirse a algo simple, de tal manera que pueda ser entendida y comparada fácilmente para ser aceptadas por la sociedad. Es clave no confundir la metáfora como una identidad o verdad absoluta, puesto que puede entrar en controversia con la ciencia, además de generar errores conceptuales por interpretar de forma literal la metáfora, es decir, si uso la metáfora – el flujo de la corriente eléctrica es como el agua que pasa por una tubería – yo no puedo decir en el sentido literal, que la corriente eléctrica son las mismas moléculas de agua que pasan por un circuito, sino más bien, que la corriente eléctrica fluye así como lo hace el agua, la sangre, u otro líquido semejante por diferentes conductos como las tuberías o las arterias.

El uso de las metáforas científicas en el aula de clase, nos pueden ayudar a que los estudiantes construyan nuevos modelos mentales, puesto que las imágenes mentales que las metáforas planteadas permiten realizar actividades de comprensión de conceptos o de procesos científicos que pueden llegar a ser muy complejos, ya que proporcionan algún tipo de analogía con el fenómeno que interesa estudiar, y constituyen uno de los tantos recursos que pueden servir a la pedagogía de la comprensión (Aguilar y Arroyo, 2008).

Así, podemos decir que existe una relación recíproca entre las imágenes mentales y las actividades de comprensión, y si ayudamos a los estudiantes a adquirir imágenes mentales por algún medio, como en este caso con la ayuda de las metáforas científicas en nuestro proyecto de investigación, posibilitaremos que desarrollen su capacidad de comprensión.

### 6.1.2. Modelo de enseñanza y aprendizaje en el uso de analogías y metáforas

De esta manera la enseñanza expositiva nos aproxima a las funciones en el ámbito educativo, ya que servirá como modelo didáctico que dirija el proceso de enseñanza-aprendizaje de un dominio basado en el uso de las analogías y metáforas. En ella se transmite la estructura conceptual de las disciplinas (corriente eléctrica), teniendo en cuenta las experiencias previas de los estudiantes; expone el contenido desde el concepto general al específico generando entramados jerárquicos que participan en el aprendizaje significativo de los estudiantes según la teoría Ausbeliana.

Para poder detectar el aprendizaje significativo de un concepto como por ejemplo basado en analogías y metáforas, Novak y Grown (1984) citados por Pozo y Gómez (1998), afirman que basta con que los estudiantes elaboren mapas conceptuales que permitan explicar las relaciones conceptuales establecidos por ellos dentro de un determinado dominio. De la misma manera Díaz y Hernández (1998), afirman que la construcción de redes semánticas también sirve para identificar aprendizajes significativos. Estas estrategias pueden utilizarse a manera de evaluación en la enseñanza expositiva.

La importancia de la enseñanza con el uso de las analogías y metáforas es que generan en los estudiantes aprendizajes significativos, a partir, de la diferenciación jerárquica y conceptual. Ausubel (1976), distingue tres formas de aprendizaje por asimilación:

- El **subordinado**, donde la nueva idea aprendida se halla jerárquicamente subordinada a otra existente.
- El **supraordinado**, donde se produce una reconciliación integradora entre los rasgos de una serie de conceptos que da lugar a la aparición de un nuevo concepto más general o supraordinado.
- El **combinatorio**, donde la idea nueva y las ideas ya establecidas no están relacionadas jerárquicamente, sino que se hallan al mismo nivel.

Con respecto a este último nivel se podría ubicar, por ejemplo, el estudio del concepto de corriente eléctrica, al establecer su analogía con la mecánica de

fluidos y posteriormente incluir por analogías algunos fenómenos electrostáticos que tengan estrecha relación.

de esta manera se evidencia que diferentes autores han aportado desde diferentes contextos en la teoría de la enseñanza de analogías y metáforas de manera expositiva que sirven para generar aprendizajes significativos en los estudiantes, sin embargo, nos debemos preguntar por qué aprenden con estas estrategias didáctica en particular. Las respuestas se remontan a las teorías cognitivas.

La teoría de andragogía (ubicada en el marco del modelo cognitivista), afirma que el aprendizaje de algún concepto se puede dar debido a que en el individuo hay una experiencia previa que vienen siendo los recursos y modelos mentales (Knowles y otros, 1998, citado por López, 2001). Sin embargo, estos modelos en la mayoría de los casos suelen ser erróneos y contradictorios, ya que lo construyen por experiencia directa con el mundo o por analogía con otros modelos generados que carecen de una mirada científica, pero son funcionales y suelen ser precursores de nuevas representaciones mentales estables (Moreira y Rodríguez, 2002).

Aunque los modelos mentales que son contruidos por analogías de otros modelos que se han generado por los mismos estudiantes de manera equivocada, no significa que la enseñanza por analogías y metáforas sean erróneas o poco pertinentes, ya que el uso de estas estrategias didáctica se construyen de manera consciente, aceptando críticamente que la relación análogo-concepto no son del todo iguales, sino que como dice Linares e Izquierdo (2002), el análogo solo tiene los atributos que aproxime el fenómeno, mas no es el fenómeno.

Es por esto que el pensamiento crítico y discriminativo es la base para su aprendizaje establecido en la estrategia didáctica dicha con anterioridad, ya que el individuo realiza una evaluación sobre su razonamiento a partir de sus habilidades de pensamiento crítico que según Ennis (1987) citado por López (2001) son:

1. Distinguir entre hechos verificables y afirmaciones de valor
2. Distinguir entre información, afirmaciones o razones relevante e irrelevantes
3. Determinar la precisión factual de las afirmaciones
4. Determinar la credibilidad de la fuente
5. Determinar la fortaleza de un argumento o afirmación
6. Identificar los argumentos o afirmaciones ambiguas
7. Identificar inferencias no confirmadas
8. Identificar falacias lógicas
9. Detectar tendencias o prejuicios
10. Reconocer inconsistencias lógicas de una línea de razonamiento

Además Ennis también afirma que hay elementos que participan en el pensamiento crítico y están relacionados ya sea con la solución de problemas, la teoría de decisiones y el proceso inferencial (procedimental, descriptivo, deductivo, inductivo y juicios de valor). Este último es de gran importancia en el pensamiento crítico, ya que obtiene y evalúa la información de la forma más veraz posible ya que si no fuera así nuestras inferencias no serían válidas.

A manera de conclusión decimos que las personas tienen unos modelos mentales construidos y pueden ser en algunos casos difíciles de cambiarlos, sin embargo el aprendizaje apoyado con analogías y metáforas pueden generar nuevos modelos mentales, en el mejor de los casos los aceptados por la ciencia que activa en ellos habilidades de pensamiento crítico y jerarquización conceptual para generar aprendizajes significativos.

## **6.2. REFERENTE DISCIPLINAR**

Para exponer todos los conceptos que hay que tener en cuenta previamente para comprender el fenómeno de corriente eléctrica, es necesario partir de un enfoque histórico de cómo se ha venido desarrollando la ciencia el concepto acabado de la corriente eléctrica, para tener así una imagen más generalizada del desarrollo progresivo a través del tiempo sobre este concepto.

### **6.2.1. Historia del concepto de corriente eléctrica**

La electricidad siempre ha acompañado la tierra mediante las tormentas eléctricas, pero no fue hasta hace poco, más de 4000 años que Tales de Mileto hizo el primer descubrimiento relacionado con la electricidad, frotando con un paño una piedra llamada ámbar se producía un efecto parecido al de los imanes, pues atraía plumas y otros objetos livianos, fenómeno más conocido como electrostática, sin embargo él la llamó electrón que muchos años después se derivaría al nombre de electricidad en el que interviene la electrostática.

La humanidad tuvo que esperar hasta la segunda mitad del siglo XVIII para

comprender la electricidad como eje fundamental en nuestras vidas. En 1752, Benjamín Franklin demostró que los rayos eran descargas eléctricas innatas de la naturaleza y no son producto de la furia de los dioses que en ese entonces se creía, luego mediante un pararrayos, el cual son antenas largas que lograban desviar las rayos hacia el suelo, evitando consecuencias graves para la vida, pudo así contrastar esa demostración.

Posteriormente en 1800, Alessandro Volta desarrolló la primera pila eléctrica, y hoy día se usa el voltio en honor a él como unidad de medida de la tensión eléctrica.

Años más tarde la electricidad tiene una amplia variedad de aplicaciones impulsando la humanidad al desarrollo tecnológico. Se empezó en 1833 con la invención del telégrafo por Samuel Morse, en 1876 Alexander Graham Bell utiliza las mismas señales eléctricas que el telégrafo para transmitir voz a través de largas distancias, aparece el teléfono.

Pero la gran revolución de la electricidad se dio a fines del siglo XIX. En 1879 Thomas Edison creó el primer bombillo y utilizó la conocida corriente continua, el cual era la nueva fuente de energía que alimentaba el bombillo mediante corriente de baja tensión para darle así iluminación a las calles, pero tenía inconvenientes porque necesitaba muchos cables para repartirlos a todos los hogares y además perdía mucha energía al transmitirla mediante esos cables. Entonces aparece en 1882 Nicola Tesla como empleado de Edison y solucionador del problema de la corriente continua, creando así la corriente alterna o corriente de alta tensión que es el sistema mucho más eficiente para transportar corriente sin necesidad de muchos cables y sin perder tanta energía.

A partir de otros muchos aportes que hizo Tesla en sus patentes, como la ejecución de la primera hidroeléctrica dio el impulso definitivo del desarrollo tecnológico de la corriente eléctrica hasta nuestros días.

### 6.2.2. Conceptos específicos de corriente eléctrica

**Carga eléctrica:** Los experimentos realizados por frotación mostraron que los objetos en algunos casos se repelen y en otros se atraen, esto es debido al tipo de carga en que se encuentra, el cual puede ser positiva o negativa. Estos términos fueron acuñados por Benjamín Franklin (1706-1790), diciendo que cuando dos cuerpos se atraían tenían cargas opuestas, pero cuando los cuerpos se repelen es porque tienen la misma carga en cuanto a su signo positivo o negativo.

**Carga puntual:** son cuerpos muy pequeños cargados positiva o negativamente, y cualquier distribución de cargas se representa como un conjunto de cargas puntuales.

**Conductores:** son materiales en los cuales se transfieren fácilmente las cargas. Ejemplos:: la mayoría de metales como el cobre, plata, oro, etc.

**Aislante:** es un material que resiste al flujo de cargas. Ejemplo de ellos son los nylon, caucho, madera, etc...

Hierrezuelo y Montero (1989) enfocan las analogías en la didáctica de la física a partir de ideas prácticas para promover el aprendizaje. Usan el análogo de una tubería que contenga líquido para compararlo con un conductor. El conductor sería la tubería y el líquido el medio que permite el movimiento de las cargas. Si la tubería es más ancha, más líquido pasara por él, por tanto, mas cargas podrán moverse. Si la tubería es mas angosta, menos liquido fluiría, por tanto, menos cargas se moverán.

**Ley de Coulomb:** En 1784 Charles Augustin Coulomb estudio con mucho detalle las fuerzas de atracción de partículas cargadas mediante una balanza de torsión. Y descubrió que la magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las cargas, e inversamente proporcional

al cuadrado de la distancia que las separa.

Young y Freedman (2009), compara la ecuación de la ley de Coulomb con la de gravitación universal, sin embargo aclaran que las interacciones eléctricas y gravitacionales son dos clases distintas de fenómenos. Las interacciones eléctricas dependen de las cargas eléctricas y pueden ser de atracción o repulsión; mientras que las gravitacionales dependen de las masas y siempre son de atracción (porque no existe algo como la masa negativa).

**Campo eléctrico:** Es la fuerza eléctrica producida por un cuerpo cargado sobre una unidad de carga, el cual afecta a las cargas circundantes a él. Pero este campo no afecta en ningún sentido la carga que lo produce y tampoco el medio donde se propague. Entonces de forma más resumida podemos definir el campo eléctrico en cierto punto es igual a la fuerza eléctrica por unidad de carga que una carga experimenta en ese punto, y sus unidades son newton sobre coulomb (N/C)

Tippens (2007), utiliza el concepto de campo gravitacional para compararlo analógicamente con el campo eléctrico, ya que es mucho más fácil su comprensión. Él afirma que la sola presencia de una masa altera el espacio que la rodea y de ese modo produce una fuerza gravitacional sobre otra masa cercana. Esa alteración en el espacio se describe mediante un campo gravitacional que rodea todas las masas. Ese tipo de campo existe en cualquier región del espacio, donde una masa de prueba experimentará una fuerza gravitacional. Del mismo modo el espacio que rodea a un objeto cargado se altera en presencia de una carga, postulando la existencia de un campo eléctrico en este espacio.

**Flujo eléctrico:** la palabra flujo proviene del latín que significa fluido, sin embargo el flujo eléctrico no se comporta como un fluido. Entonces toda superficie cerrada que contenga cargas tiene un campo eléctrico en dirección saliente o entrante de la superficie según el signo que tengan las cargas, esto produce un flujo eléctrico neto en dirección del campo eléctrico y aumenta según la magnitud de la carga eléctrica encerrada que no depende del volumen de esa superficie. De una forma más específica, hay una relación entre la carga dentro de una superficie cerrada y el flujo eléctrico que son:

- El hecho de que el flujo neto sea hacia el exterior o hacia el interior de una superficie cerrada depende del signo de la carga encerrada.
- Las cargas afuera de la superficie no provocan un flujo eléctrico neto a través de la superficie.
- El flujo eléctrico neto es directamente proporcional a la cantidad neta de carga contenida dentro de una superficie, pero es independiente del tamaño de la superficie encerrada.

Entonces, si la superficie es plana el flujo eléctrico a través de esa área de superficie es el producto del campo eléctrico  $\vec{E}$  y el área perpendicular  $\perp A$

Young y Freedman (2009), advierten que para entender cómo se calcula el flujo eléctrico es pertinente utilizar el análogo del fluido en movimiento. Cuando el área es perpendicular a la velocidad de flujo, y ésta es la misma en todos los puntos del fluido, la tasa de flujo volumétrico es el área por la velocidad de flujo. De manera análoga la velocidad del fluido es el campo eléctrico. Por tanto el flujo eléctrico es el producto entre el campo y el área.

**Ley de Gauss:** con la definición anterior podemos entonces comprender de una manera más clara la ley de Gauss para un campo eléctrico, el cual nos ayuda a notar la relación entre carga eléctrica y campos eléctricos, además esta ley ayuda a entender cómo se distribuye la carga en los cuerpos conductores.

Entonces, según Tippens (2007), la ley de Gauss se define como el campo  $\vec{E}$  en cualquier punto en el espacio es proporcional a la densidad de líneas de campo y a la carga total encerrada en dicho punto.

**Energía potencial eléctrica:** Es una cantidad de energía generada del trabajo realizado por la fuerza eléctrica sobre una partícula con carga que se mueve en un campo eléctrico.

Según el teorema del trabajo y la energía, si la fuerza es conservativa, el trabajo

( $W$ ) realizado por la fuerza ( $qE$ ) se puede expresar en términos de una energía potencial ( $U$ ).

$$U = W$$

$$U = qEd$$

Tippens (2007), afirma que una de las mejores formas de entender el concepto de energía potencial eléctrica es comparándola con la energía potencial gravitacional. En el caso de la energía gravitacional, se considera que la masa se mueve del nivel A al nivel B. Debe aplicarse una fuerza externa igual al peso para mover la masa en contra de la gravedad. El trabajo realizado por esta fuerza es el producto del peso y la altura. Cuando la masa alcanza el nivel B, tiene un potencial para realizar trabajo en relación con el nivel A. El sistema tiene energía potencial que es igual al trabajo realizado en contra de la gravedad. Del mismo modo el trabajo realizado en contra del campo eléctrico para mover la carga desde A hasta B es igual al producto de la fuerza por la distancia.

**Capacitor:** es todo par de conductores separados por un material aislante. Este dispositivo almacena energía potencial eléctrica  $U$  y carga eléctrica  $q$ . Para hacer un capacitor, basta aislar dos conductores uno del otro bien sea al vacío o con un aislante. Para almacenar energía en este dispositivo hay que transferir carga de un conductor al otro, de manera que uno tenga carga negativa y en el otro haya una cantidad igual de carga positiva. La condición para trasladar las cargas se debe a un trabajo a través de la diferencia de potencial  $V_{ab}$  resultante entre los conductores, y el trabajo efectuado se almacena como energía potencial eléctrica  $U$ .

Para entender cuanta carga y energía puede almacenar un capacitor, Tippens (2007), utilizó como análogo el bombeo de aire en un tanque de acero. Justifica que cuanto más cantidad de aire se bombea al tanque, más aumenta la presión que se opone al flujo de cantidades adicionales de aire. De forma análoga, a medida que se transfieren más cargas al conductor, el potencial del conductor se vuelve más alto, lo que hace más difícil transferirle más carga.

**Potencial eléctrico:** Es la energía potencial por unidad de carga. Se define el potencial  $V$  en cualquier punto en el campo eléctrico como la energía potencial  $U$

por unidad de carga asociada con una carga de prueba  $q_0$  en ese punto.

$$V = \frac{U}{q_0} \text{ O bien, } U = q_0 V$$

Tanto la energía potencial como la carga son escalares, por lo que el potencial también es una cantidad escalar. Sus unidades en el sistema internacional es el volt ( $1V$ ) en honor del científico italiano y experimentador eléctrico Volta, y es igual a 1 joule por coulomb

$$1V = 1 \text{ volt} = 1 J/C = 1 \text{ julio/coulomb}$$

**Diferencia de potencial:** Es el trabajo por unidad de carga positiva que realizan fuerzas eléctricas para mover una pequeña carga de prueba desde el punto de mayor potencial hasta el punto de menor potencial.

Es pertinente hablar de las fem ya que tiene una estrecha relación con el potencial eléctrico. En un circuito completo que lleva una corriente constante debe contener una fuente de fuerza electromotriz (fem) representada por la letra  $\varepsilon$ , esta fuente puede ser generada por pilas, baterías, celda de combustibles que está asociada con procesos de difusión y concentraciones electrolíticas variables que son el resultado de reacciones químicas, entre otras fuentes. La unidad en el sistema internacional es el volt ( $1V$ ). Una fuente ideal de fem mantiene una diferencia de potencial constante, independientemente de la corriente que pasa a través del dispositivo, pero como nada es ideal, toda fuente de fem tiene alguna resistencia interna  $r$ . Por consiguiente, la diferencia de potencial terminal  $V_{ab}$  depende de la corriente.

$$V_{ab} = \varepsilon - Ir$$

Young y Freedman (2009), afirman que en un circuito eléctrico debe haber en algún punto de la espira un dispositivo que actúe como bomba hidráulica de una fuente, ya que esta permite el flujo del agua que va de un punto de mayor presión a uno menor.

**Corriente eléctrica:** Es todo el movimiento de carga de una región a otra. Cuando hay un campo eléctrico  $\vec{E}$  constante y estable dentro de un conductor, una partícula con carga se somete a una fuerza estable  $\vec{F} = q\vec{E}$ . Si la partícula con carga se mueve al vacío, esta fuerza estable ocasionaría una aceleración estable en dirección a la fuerza. Pero como los conductores no están hechos de vacío, sino de redes cristalinas del material, entonces las cargas empezaran a chocar entre ellas perdiendo el rumbo estable de la partícula y así provocando desplazamientos  $\Delta x$  cortos y lentos en función de la velocidad deriva  $\vec{v}_d$  (movimiento muy lento de las partículas) y el tiempo ( $\Delta t$ ).

Si definimos la corriente a través de un área transversal, decimos que es la carga neta que fluye a través de un área por unidad de tiempo. De esta forma la carga neta  $Q$  que fluye a través de un área en el tiempo  $t$ , la corriente  $I$  a través del área es:

$$I = \frac{Q}{t}$$

La unidad en el sistema internacional es el ampere; un ampere se define como un coulomb por segundo ( $1A=1C/s$ ). Esta unidad recibe su nombre en honor del científico francés André Marie Ampere (1775-1836).

Para comprender el flujo de corriente eléctrica, Tippens (2007), utiliza la analogía del agua que fluye a través de una tubería. La rapidez del flujo de agua en galones sobre minuto es análoga a la rapidez de flujo de carga en coulomb sobre segundo

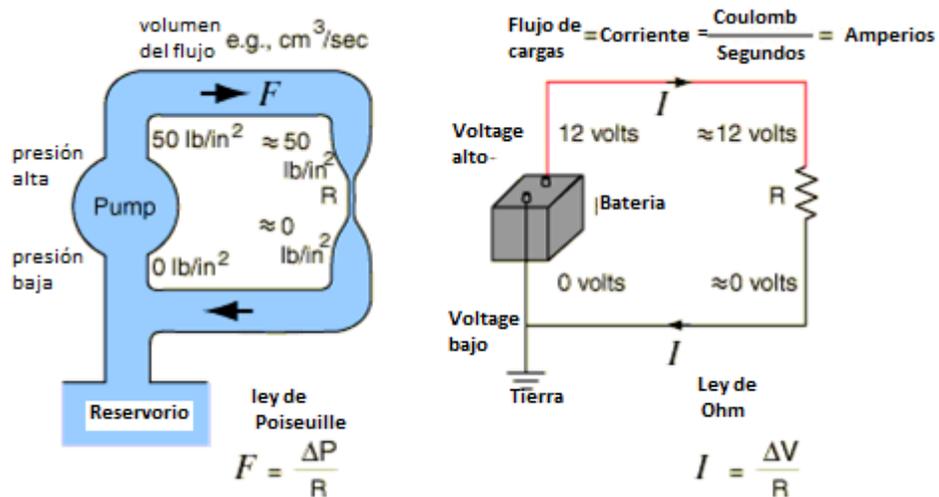
**Resistencia:** Es la oposición a que fluya la carga eléctrica. Esta resistencia eléctrica es fija para gran número de materiales específicos, de tamaño y temperatura conocidos. Es independiente de la fuerza electromotriz aplicada y de la corriente que pasa a través de ellos. Sin embargo, también podemos considerar la resistencia como la razón del potencial eléctrico y la corriente eléctrica para un conductor particular. La unidad del sistema internacional es el Ohmio ( $\Omega$ ).

$$R = \frac{V}{I}$$

Para comprender cómo se opone el flujo de corriente Tippens (2007), vuelve y utiliza la analogía del agua que fluye a través de una tubería. Afirma que el tamaño y la longitud de la tubería afecta el flujo de agua, así el tamaño y la longitud de un conductor afecta el flujo de cargas

Hay investigaciones (Fernández y otros. 2001; Zamorano y otros. 2006b; Russell 2009) que utilizan el análogo del circuito mecánico del flujo del agua que contiene básicamente una bomba de agua, tubería, resistencia y flujo de agua, para explicar el circuito eléctrico, que se compone de batería o fuente de fuerza electromotriz, conductor, resistencia y corriente eléctrica respectivamente (ver figura 6.2.1).

En el circuito mecánico, hay un flujo de agua que se genera por la variación de presión que facilita la bomba de agua. Esta variación se debe a que en el conductor se evidencia una resistencia que se opone al flujo; del mismo modo como sucede cuando una resistencia se opone a la corriente, ya que tiene una variación de potencial.



**Figura 6.2.1.** (Nave 2010, *Analogías circuito D.C - Agua*). A la izquierda circuito mecánico y a la derecha circuito eléctrico.

**Potencia:** es la tasa de transferencia de energía por unidad de tiempo. Se denota por  $P$  y sus unidades en el sistema internacional es el watt (W).

Según Centeno y otros (2007), han utilizado la analogía de la mano de obra para compararla con la potencia. Afirman de que entre más operarios trabajan en una unidad de tiempo, mas potencia producirán, y entre menos operarios trabajan en la misma unidad de tiempo, menos potencia producirán.

**Corriente continua (DC) o (CC):** según la definición de Pérez (2013), la corriente continua se genera a partir de un flujo continuo de electrones (cargas negativas) siempre en el mismo sentido, el cual es desde el polo negativo de la fuente al polo positivo. Al desplazarse en este sentido los electrones, los huecos o ausencias de electrones (cargas positivas) lo hacen en sentido contrario, es decir, desde el polo positivo al negativo.

La analogía para comprender la corriente continua es la utilizada anteriormente con el circuito mecánico, ya que el flujo de agua permanece en una solo dirección, así como lo hace el flujo de cargas.

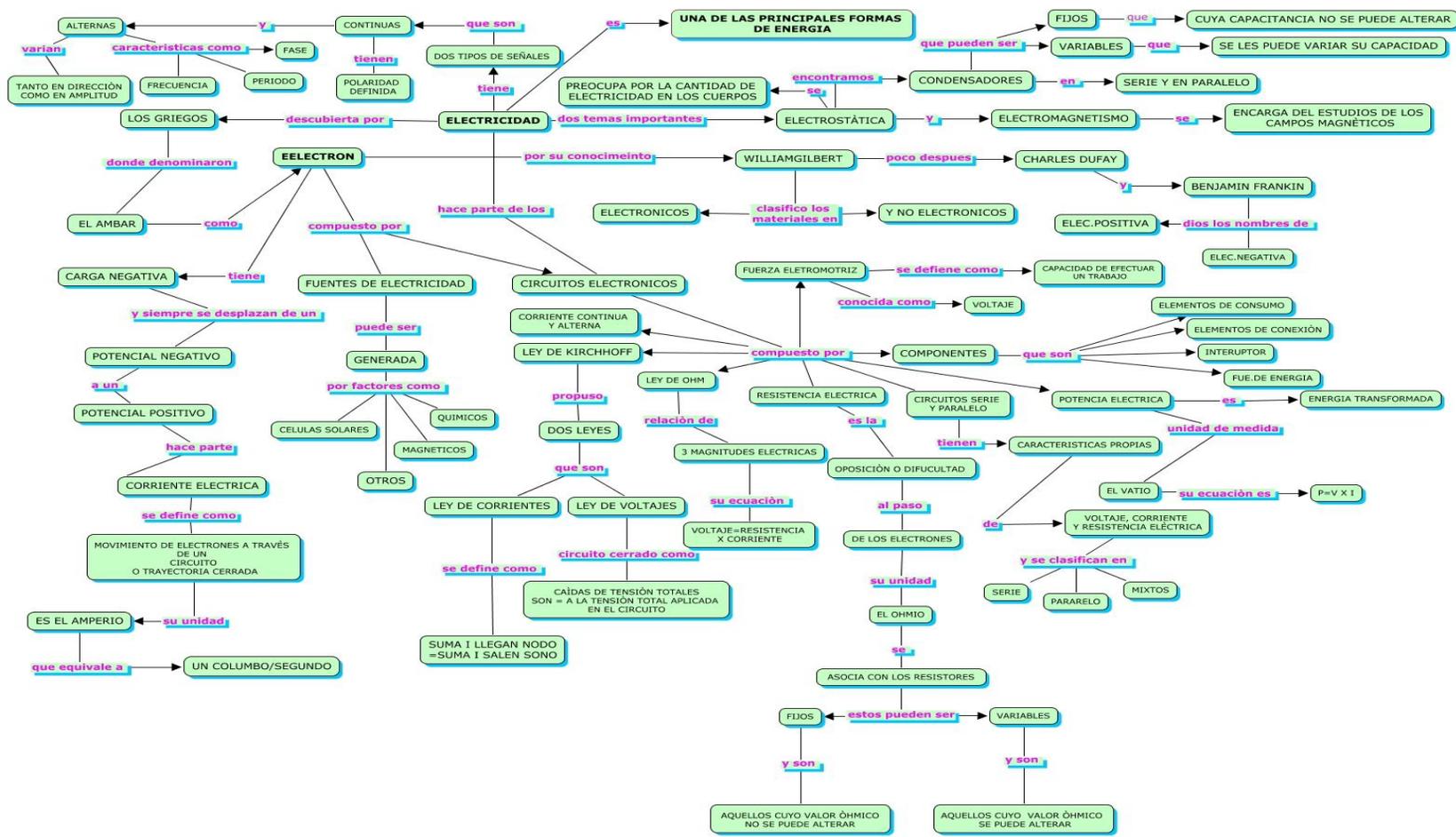
**Corriente alterna (AC):** Por otro lado las características que da Pérez (2013) de corriente alterna es que los electrones no se desplazan de un polo a otro, sino que a partir de su posición fija en el cable (centro), oscilan de un lado al otro de su centro, dentro de un mismo entorno o amplitud, a una frecuencia determinada (número de oscilaciones por segundo).

Por tanto, la corriente así generada (contraria al flujo de electrones) no es un flujo en un sentido constante, sino que va cambiando de sentido y por tanto de signo continuamente, con tanta rapidez como la frecuencia de oscilación de los electrones.

Según Centeno y otros (2007) utilizan la analogía del flujo y reflujos de las olas en la orilla, para relacionarlo con el movimiento alterno de las cargas eléctricas.

### **6.2.3. Mapa conceptual del concepto de corriente eléctrica**

Teniendo en cuenta todo el fundamento teórico disciplinar descrito anteriormente es pertinente tener un punto de referencia a la hora de comparar los mapas conceptuales o redes semánticas que construirán los estudiantes una vez se haya expuesto cada concepto para saber cuál fue el aprendizaje significativo que obtuvieron a partir de una evaluación final. Por esta razón el mapa conceptual que se muestra a continuación (ver figura 2) será nuestro punto de referencia, aunque cabe aclarar que tiene muchos más conceptos que no se aplicarán en el aula, debido a que se trata de aspectos poco relevantes para relacionarlos con análogos.



DIANA PATRICIA RESTREPO  
C.C.43.587.779  
GRUPO: 2

Figura 6.2.2: mapa concetual sobre el concepto de corriente eléctrica. (Restrepo, 2013)

## **7. METODOLOGÍA**

### **7.1 RUTA METODOLÓGICA**

En el presente Trabajo de Grado, la metodología para dar solución a la pregunta de investigación planteada, es un estudio con enfoque cualitativo, porque la interpretación que se da a este proceso de enseñanza-aprendizaje, en particular no puedo ser captados o expresados plenamente por la estadísticas o las matemáticas, centrando el análisis en la descripción de las cosas observadas, Cerda (2005).

Según este autor, esta investigación se considera un estudio de caso porque se dirige solo a los estudiantes del grado 1103 de la institución educativa Técnico Superior de Neiva, donde examinamos y analizamos su desarrollo en particular.

Esta metodología, se desarrolló mediante tres fases correspondientes a la identificación, diseño y cierre, descritas a continuación.

#### **7.1.1. Identificación:**

En la primera fase de la investigación, se llevó a cabo una observación descriptiva en el espacio de indagación de los conceptos que tienen que ver con la corriente eléctrica en los estudiantes, donde se asistió a un encuentro, sin realizar la presentación, ni descripción de la propuesta investigativa ante los estudiantes, pues se consideró que esto podía alterar los procesos de enseñanza y de aprendizaje, las relaciones entre maestro-estudiante, estudiante-estudiante y la recolección de datos.

Para el primer encuentro, se utilizó como técnica la realización de un tipo de test de los conceptos más relevantes de corriente eléctrica. Las respuestas consignadas allí, tuvieron como prioridad el registro de las dificultades que expresan los estudiantes en torno a algunas definiciones, para así poder actuar

más eficaz y concretamente en la solución de estas dificultades mediante el uso de analogías y metáforas.

Los conceptos que se exploraron fueron trabajo, energía, energía potencial gravitatoria, corriente eléctrica, resistencia y potencial.

### **7.1.2. Diseño:**

En la segunda fase de la investigación se diseñaron y aplicaron las estrategias de intervención (analogías y metáforas en los conceptos de corriente eléctrica), seleccionando para ello los estudiantes del grado 1103 que constituirían el caso, en un proceso que tendrá lugar en el espacio de la institución educativa Técnico superior de la ciudad de Neiva en la clase de física.

A partir del método de enseñanza por exposición se aplicaron las estrategias didácticas mencionadas anteriormente partiendo del concepto general de corriente eléctrica, ya que así se pudo ir estructurando la variedad de definiciones que fundamentan al concepto general. Para realizar lo anterior nos guiamos a partir del diseño de una guía didáctica planificada con anticipación, adecuando cuidadosamente las analogías y metáforas pertinentes a medida que se fue desarrollando la clase en la guía.

La clase entonces se inició con una presentación del tema de manera general aclarando los objetivos de la lección, además se presentó el organizador (aislando las propiedades definitorias, dando ejemplos, aportando un contexto, se anexaron lecturas, se repitió...). Una vez presentado el tema y el organizador se presentó el material de trabajo, explicando la organización de éste a medida que manteníamos la atención de los estudiantes mediante pequeños experimentos y preguntas.

Por último nos dedicamos a potenciar la organización cognoscitiva utilizando los principios de integración-reconciliadora-integradora de conceptos erróneos de los estudiantes con los nuevos y aceptados por la ciencia, promoviendo un aprendizaje de recepción activa y así suscitar un enfoque crítico por parte de los

estudiantes, para que puedan argumentar mediante un mapa conceptual. Entonces durante cada concepto específico que explicamos, necesario para entender la corriente eléctrica de manera jerárquica, se siguió la misma metodología utilizando las analogías y metáforas diseñadas para cada caso y adicionalmente realizamos evaluaciones que permitían detectar la comprensión de cada concepto y su relación con el análogo o metáfora, para así, identificar falencias o nuevas dificultades de aprendizaje para transformarlas a tiempo.

### **7.1.3. Cierre:**

En esta etapa de la investigación, se analizó lo referente al proceso de enseñanza y los resultados obtenidos, mediante la aplicación de un examen en forma de mapa conceptual o red semántica, si era el caso. Para este análisis se tuvo en cuenta el modelo de aprendizaje significativo propuesto por Ausubel (1976), el cual nos dice que cuando un estudiante ha tenido realmente un aprendizaje significativo, es capaz entonces de hacer una diferenciación conceptual de manera jerárquica partiendo de un concepto general y dirigiéndose a conceptos específicos aceptados por la ciencia.

Una vez se aplicó este examen se logró cualificar el caso reflexionando mediante el análisis de las respuestas y discusiones sostenidas por los estudiantes en los mapas conceptuales o redes semánticas, que nos mostraron la forma en la cual los estudiantes generan nuevos modelos sobre el concepto de corriente eléctrica. Por último se elaboraron las conclusiones y recomendaciones referentes al caso estudiado y las posibles implicaciones, para el desarrollo de futuras investigaciones referidas a la enseñanza del concepto de corriente eléctrica, además de la importancia de usar estas estrategias didácticas en el aula de clase

## 8. RESULTADO Y DISCUSIONES

### 8.1. IDEAS PREVIAS

Antes de empezar con el desarrollo de este Trabajo de Grado acerca del aprendizaje significativo del concepto de corriente eléctrica mediante el diseño y aplicación de analogías y metáforas, se llevó a cabo una fase de identificación, descriptiva con lo referente a la conceptualización, según lo planeado en la metodología, donde optamos por indagar las ideas previas que tienen los estudiantes referente a este concepto mediante un test (ver anexo 1).

Esta indagación nos aproxima a los modelos mentales que traen los estudiantes al aula, ya que generan representaciones de lo que entienden respecto al mundo que los rodea. Lo que se pretende con este trabajo es generar nuevos modelos mentales significativos en el estudiante del concepto de corriente eléctrica mediante el uso de analogías y metáforas.

El test se realizó en el aula de clase tal como se tenía previsto en la metodología, aplicándose a una muestra de 15 estudiantes en un término de 20 minutos, de un total de 30 de ellos que conforman el curso 1103 de la jornada mañana. Los resultados fueron los siguientes:

Las preguntas que se hicieron en busca de las ideas previas que tienen los estudiantes acerca de conceptos físicos como el trabajo, energía y la estructura del átomo, con el fin de comprender cómo analizan los estudiantes una ecuación en el aspecto físico, además de cómo ellos relacionan un fenómeno físico con la vida cotidiana y por último cómo comprenden el mundo microscópico a partir del comportamiento del átomo. Lo anterior fueron en esencia las preguntas que nos indicaron a qué contexto nos estamos enfrentando al proponer un nuevo método de enseñanza - aprendizaje que sea eficiente y significativo.

Cuando se les preguntó acerca de qué pueden decir de la ecuación del trabajo  $W = F \cdot x$ , encontramos que aunque la mayoría no contestó esta pregunta, los pocos que lo hicieron, dijeron:

**Estudiante 1:** “El trabajo es igual a la fuerza aplicada sobre la masa por la distancia que esta recorre”.

**Estudiante 2:** “El trabajo depende de la fuerza y la distancias, el cual son directamente proporcional”.

**Estudiante 3:** “Un cuerpo que empuja un automóvil realiza trabajo, debido a la fuerza que ejerce sobre el auto y este recorre como consecuencia una distancia”.

**Estudiante 4:** “El trabajo es expresado en la fuerza que hacemos y la distancia en que hace recorrer la fuerza”.

Los estudiantes interpretan la ecuación, ya que comprenden que para que haya trabajo se necesita aplicar una fuerza que proporcione consecuentemente una distancia en el cuerpo donde actúa.

Cuando se preguntó qué es la energía y qué relación tiene con el trabajo se pudo detectar que:

**Estudiante 1:** “La energía es como una magnitud que se transforma”.

**Estudiante 2:** “Es la forma de movimiento que se emplea o es la fuente de movimiento”.

**Estudiante 3:** “Es la carga y potenciabilidad de algo (como el motor para hacer las cosas)”.

**Estudiante 4:** “Es lo que transmite o genera calor al pasar de un cuerpo a otro; es lo que hace funcionar los electrodomésticos”.

**Estudiante 5:** “Es una carga eléctrica”.

**Estudiante 6:** “Es el mismo trabajo o lo que se gasta para hacer un trabajo”

Se evidencia que los estudiantes relacionan la energía con el trabajo, expresan que cuando se hace un trabajo se gasta energía, es decir la energía es ese motor que hace o permite un trabajo, entonces se concluye que la mayoría de ellos encuentran una relación entre la energía y el trabajo, sin embargo, el

estudiante 5 le confiere una forma a la energía, ya que la considera como una carga, y esto es una dificultad conceptual.

Cuando se preguntó sobre qué entendía por energía potencial gravitacional y cómo la pueden percibir, la mayoría de estudiantes dijeron:

**Estudiante 1:** “Es la fuerza que tienen los objetos”.

**Estudiante 2:** “Es la energía con que se mueve o golpea un objeto, el cual depende de la altura”.

**Estudiante 3:** “Es lo que se relaciona con la gravedad”.

**Estudiante 4:** “Es todo lo que se relaciona con el aire”.

Se evidencia que el estudiante 1 tiene una dificultad conceptual al comparar la fuerza con la energía que pueden almacenar los cuerpos; los estudiantes 2 y 3, en cambio, tienen una idea más clara al decir que entre más alto se encuentre un cuerpo, con más fuerza golpeará un objeto al caer y esto estaría relacionado con la gravedad, sin embargo el estudiante 4 se sale del contexto al relacionar la energía potencial con el aire. Esto trae como consecuencia que cuando se les pregunta de cómo lo puede percibir, es muy evidente que la respuesta no sea la más adecuada, ya que no comprende de qué se trata este concepto.

Cuando se les pidió en el test que dibujaran la representación de la estructura atómica (ver anexo 1.1) y describieran cómo funciona, la mayoría de estudiantes tienen claro que hay algo que orbita alrededor de un núcleo, pero ese algo a veces lo consideran como electrones, protones, neutrones o los tres orbitan a la vez. Unos estudiantes además dibujaron las orbitas de manera elíptica, pero otros de forma circular. Por último identificamos que ninguno tiene claro cómo funciona el átomo, ya que no se describió su funcionamiento.

Del análisis que hicimos de las respuestas mencionadas anteriormente y que fueron consignadas por los estudiantes según sus ideas previas, se pudo concluir que ellos muy poco relacionan una ecuación con un aspecto físico, lo cual tendremos en cuenta a la hora de diseñar y explicar cada concepto con su

análogo o metáfora en especial cuando se relacione con una ecuación.

Nos centraremos a que todo lo que se hable en clase sobre conceptos, se expliquen siempre con relación a sus vidas cotidianas, ya que se evidenció la poca utilidad que le dan los estudiantes a los conceptos en sus experiencias diarias. De esta manera, como no comprenden el funcionamiento del átomo, es esencial que se explique la estructura de la materia, ya que sin la comprensión de esta última es difícil que se entienda la naturaleza de la corriente eléctrica.

Por otro lado se realizaron en el test preguntas con relación al concepto de corriente eléctrica como tal, del cual se indagó sobre los procesos que se llevan a cabo para el transporte de la corriente eléctrica a distintos lugares de la ciudad; además sobre qué entendían sobre la corriente eléctrica y de que dependía para que hubiese un buen flujo; si consideraban que los diferentes materiales oponen diferentes resistencias; para qué sirve una batería y qué creen que ha pasado cuando una batería a dejado de funcionar; por último se indagó sobre qué quisieran saber del tema de corriente eléctrica. Estas preguntas marcaron la pauta general de qué es lo que de verdad conocen acerca de este tema y cómo podemos actuar en el momento de diseñar y explicar el concepto de corriente eléctrica. Entonces, según las respuestas consignadas por los estudiantes a estos interrogantes encontramos lo siguiente:

Cuando se les preguntó qué procesos se llevan a cabo para transportar la corriente eléctrica hasta el colegio, se identificó que:

**Estudiante 1:** “la corriente se transporta por circuitos, redes eléctricas o cables”.

**Estudiante 2:** “la fuente principal de la corriente eléctrica es el agua, que por medio de una turbina se puede generar la corriente que llega a los transformadores y después se distribuye por cables hasta el colegio”.

**Estudiante 3:** “hay una transformación de la energía, el cual empieza con una energía en el agua que hace mover turbinas, es decir una energía mecánica y estas transforman este tipo de energía en energía eléctrica”.

Como discusión a lo anterior decimos que ellos son conscientes de que la

corriente se transporta por algún medio, según lo expresado por el estudiante 1. Sin embargo, reconocen que la corriente eléctrica proviene de la energía almacenada del agua que se transforma en energía eléctrica y termina en el colegio, pero ninguno fue específico al describir esta transformación de energía mecánica a eléctrica que sucede en la turbina. Es por esta razón que mediante un análogo experimental se pretende explicar esta situación para que no quede duda sobre esta transformación.

Como sabemos, la fuente principal de energía eléctrica que alimenta la ciudad de Neiva proviene de la hidroeléctrica ubicada en la represa de Betania, la mayoría lo afirmaron así. Sin embargo es importante rescatar y explicar las diversas formas de producir corriente eléctrica sin hacer uso de la energía potencial almacenada en la superficie del agua de la represa, es decir, se tiene que informar sobre la producción de corriente eléctrica mediante la transformación de la energía solar, eólica, geotermal, entre otros.

Con respecto a la pregunta sobre qué es y de qué depende la corriente eléctrica, contestaron en su mayoría que:

**Estudiante 1:** “Es una energía utilizada para que ciertos productos eléctricos funcionen”.

**Estudiantes 2** “Es la energía que poseen los electrodomésticos”.

**Estudiante 3:** “Es una energía utilizada para que ciertos utensilios eléctricos sirvan”.

**Estudiante 4:** “Es una fuerza ejercida por el agua”.

**Estudiante 5:** “Es una chispa de luz”.

**Estudiante 6:** “Es una clase de energía”.

**Estudiante 7:** “La corriente eléctrica depende del movimiento porque la energía genera calor”.

**Estudiante 8:** “depende de un medio como es el agua pues es de allí de donde se obtiene”.

**Estudiante 9:** “depende por su fuerza y movimiento o incluso de los electrones”.

Las respuestas consignadas de alguna manera se aproximan a la realidad, ya que la corriente es la que se produce por el movimiento de las cargas que pueden ser electrones o iones positivos según el contexto donde se encuentren. Cuando el estudiante 8 dice que depende del medio como el agua, no cabe duda de que pueden estar pensando en las moléculas o átomos que la forman, pero es pertinente resaltar que en esta interpretación hay que tener en cuenta la influencia del agua como medio que transforma la energía por acción mecánica como se mencionó anteriormente. Es por esta razón que tendremos mucho cuidado a la hora de explicar este concepto con un análogo o metáfora ya que es el pilar fundamental para la comprensión del concepto de corriente eléctrica en general.

Cuando se les preguntó sobre qué es lo creen que se necesita para que haya un flujo de corriente eléctrica la mayoría de estudiantes consideran que

**Estudiante 1:** “se requiere de un buen material conductor o como dicen ellos de unos buenos cables”.

**Estudiante 2:** “que los cableados ojala no estén tan lejos de las turbinas que producen la corriente eléctrica”.

**Estudiante 3:** “se necesita de una gran fuerza del agua que pueda mover una gran turbina”.

**Estudiante 4:** “se requiere de buena materia prima que transforme la energía eficientemente”.

**Estudiante 5:** “se requiere de buena carga de energía”.

**Estudiantes 6:** “se requiere un buen mantenimiento y manejo eléctrico, además de usar los materiales adecuados ya que se ahorra energía en el hogar”.

El estudiante 1, sí tiene en cuenta el material por donde se conduce la corriente; sin embargo, el estudiante 2, cree que no deberían de estar tan lejos este material de donde se produce la corriente, quizás considera que entre más lejos se encuentre la fuente de corriente, más se pierde la corriente, concepto que está muy lejos de la realidad. Por otro lado el estudiante 6 tiene una buena idea respecto a la pregunta, ya que cree que para que haya un flujo de corriente eléctrica es necesario un conductor, y usando los materiales adecuados en las redes o circuitos eléctricos, además de mantenimientos en las redes, serían variables más eficientes para este propósito.

Se les preguntó que si distintos materiales como la madera, el metal, el caucho, entre otros, oponen diferentes resistencias al paso de la corriente eléctrica. Ellos respondieron:

**Estudiante 1:** “la resistencia depende del material”.

**Estudiante 2:** “son los metales los conductores y los no metales no lo son”.

**Estudiante 3:** “cada material es diferente, por tanto oponen diferentes resistencia”

**Estudiante 4:** “cada material opone diferente resistencia, ya que cada uno necesita de una diferencia de voltaje o cada cuerpo produce o genera diferente tipos de voltaje o energía”.

**Estudiante 5:** “los materiales oponen diferente resistencia debido a que los materiales como la madera no contienen ninguna carga eléctrica”.

**Estudiantes 6:** “diferentes materiales no pueden oponer diferentes resistencia debido a que todos los materiales son conductores de energía”.

De lo anterior se deduce que la mayoría de ellos si entienden este fenómeno, ya que considera el material como la principal variable que afecta la resistencia, y en vista de que no tienen problemas de considerar las diferentes resistencias en los diversos materiales, se cree entonces que la explicación de este concepto no va a ser difícil de explicar y el aprendizaje del mismo será mucho más significativo, relacionando el análogo con lo que saben, para que así aclaren sus dudas o falencias.

Cuando se les preguntó para qué cree que sirve una pila o batería. Ellos respondieron en su gran mayoría que:

**Estudiante 1:** “sirven para dar energía o corriente en un periodo corto a ciertos electrodomésticos”.

**Estudiante 2:** “la batería es el remplazo de los tomas de corriente, ya que el aparato no necesita de estar conectado”.

**Estudiante 3:** “la pila sirve para almacenar energía positiva o negativa para así

poder formar corriente”.

**Estudiante 4:** “es un elemento de reutilización, ya que la pueden recargar varias veces”.

**Estudiante 5:** “sirve para dar potencia a la electricidad”.

Todas estas definiciones que nos dan de la pila o batería nos aproximan a las dificultades conceptuales que están manejando y que es necesario transformarlas como es el caso de potencia, energía positiva o energía negativa, de una manera más eficiente.

Por otro lado se les preguntó qué ocurre cuando una pila no puede encender un bombillo cuando antes lo hacía, ellos consideraron que:

**Estudiante 1:** “es porque se ha terminado su liquido, o porque la pila ya esta vencida”.

**Estudiante 2:** “el uso de la pila ha sido extremado y por esto el bombillo se ha fundido”.

**Estudiante 3:** “la energía interna de la pila ya está casi agotada y no proporciona bastante energía para el bombillo”.

**Estudiante 4:** “la pila se ha quemado”.

**Estudiante 5:** “la pila se ha descargado, ya que le ha pasado toda la corriente al bombillo y este la ha vuelto luz”.

**Estudiante 6:** “la pila descargada ya no tiene iones y tampoco ejerce alguna fuerza”.

**Estudiante 7:** “ya no se genera reacción en la pila”.

Aunque en algunos casos se aprecian dificultades conceptuales sobre la conservación de la masa y energía, en otros casos, como los estudiantes 5, 6 y 7, son conscientes al explicar el fenómeno de agotamiento de la pila, ya que se aproximan a la realidad. De lo anterior nos damos cuenta de que los estudiantes

siempre tienen unas ideas previas y que con respecto a este grupo en especial tienen unas ideas muy interesantes del concepto de corriente eléctrica, el cual unos se aproximan a la realidad pero con algunas confusiones conceptuales, donde la labor del maestro es transformarlas de la mejor manera posible, usando diferentes estrategias didácticas que sirven para facilitar su aprendizaje.

Para terminar el análisis del test de las ideas previas de los estudiantes, les preguntamos qué quisieran saber sobre corriente eléctrica y ellos contestaron:

**Estudiante 1:** “de qué se compone la corriente eléctrica y cómo es su manejo en diferentes situaciones”.

**Estudiante 2:** “Quiero saber sobre los distintos voltajes que produce la corriente eléctrica, su funcionamiento y como emplearla”.

**Estudiante 3:** “sí al utilizar la corriente eléctrica, ésta puede ser dañina para el medio ambiente, y si es así por qué aun la seguimos utilizando”.

**Estudiante 4:** “de donde es que sale o proviene y como se lleva a cabo el proceso de la corriente eléctrica”.

**Estudiante 5:** “qué componentes la forman, qué formulas se establecen en el planteamiento de la corriente eléctrica”.

**Estudiante 6:** “la corriente eléctrica se va acabar”.

**Estudiante 7:** “qué es lo que significa específicamente este concepto”.

**Estudiante 8:** “quiero saber todo lo que tiene que ver con los vatios que se produce desde las turbinas generadoras de corriente”.

Estas preguntas que hacen los estudiantes se tienen en cuenta a la hora de realizar la guía didáctica, ya que es importante dar a conocer lo que quieren saber los estudiantes.

## **8.2. DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA GUÍA DIDÁCTICA, LAS ANALOGÍAS Y LAS METÁFORAS**

Una vez terminada la fase de identificación, se continuó con la fase de diseño según lo previsto en la metodología, teniendo en cuenta el problema de investigación que se generó a partir de la pregunta problema ¿Cómo diseñar y aplicar una guía didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto de corriente eléctrica basada en el uso de analogías y metáforas para los estudiantes del grado 1103 jornada mañana de la Institución Educativa Técnico Superior de la ciudad de Neiva? Se diseñó y aplicó una guía didáctica que tiene en cuenta diversas variables como las ideas previas, el método de enseñanza expositiva y las analogías y metáforas de tal manera que fuese eficiente a partir de lo que necesita el estudiante para su aprendizaje y el profesor para facilitar la enseñanza.

La primera variable que se tuvo en cuenta fueron las ideas previas de los estudiantes, donde tratamos sus dificultades mencionadas anteriormente relacionándolas cuidadosamente en la guía didáctica como por ejemplo los fenómenos de corriente eléctrica aplicados en la vida cotidiana; además no se usaron demostraciones matemáticas (aunque sí ecuaciones) a la hora de explicar un concepto para evitar las confusiones que se puedan generar a partir de esto; y por último la guía quedó diseñada de tal forma que se puedan ir generando nuevos modelos mentales del concepto tratado a partir de sus modelos mentales alternativos que traen a la clase, y que se evidenció con el test. Lo anterior se logra por medio de preguntas, concienciación de sus dificultades y aclaración de dudas.

La segunda variable para la construcción de la guía está basada en el método de enseñanza expositiva donde primero se presenta el organizador, es decir, se aclaran los objetivos de la lección; se determina el organizador aislando las propiedades definitorias, dando ejemplos, aportando un contexto y repitiendo; además se socializa el conocimiento y experiencia del sujeto. Como segunda actividad se determina el material del trabajo, explicando la organización, ordenándose lógicamente el aprendizaje manteniendo la atención de los estudiantes, y como última actividad se organiza la parte cognitiva utilizando los principios de integración reconciliadora, promoviendo un aprendizaje de recepción activa y suscitando un enfoque crítico a partir de la participación y las evaluaciones que se realicen.

De esta manera el diseño de la guía didáctica está distribuido en tres momentos. Un momento de **inicio** que abarca todo el contenido de manera general; el **desarrollo** donde se explican los conceptos con relación a las analogías y metáforas; y un **cierre** donde se tiene en cuenta la integración reconciliadora del conocimiento, la conclusión y evaluación del concepto de corriente eléctrica.

Además la guía didáctica está estructurada por el propósito, que es en esencia el objetivo, del cual esperamos que se dé en cada clase; por las actividades, que hacen referencia al quehacer organizado y sistematizado en una secuenciación diseñada cuidadosamente; por último, por la evaluación, donde podremos conocer qué aprendieron los estudiantes cuando se explica cada concepto, así el estudiante debe utilizar un enfoque crítico de sus ideas previas con las nuevas ideas que se generan en cada clase para dar una definición coherente a cada concepto. También la guía se fundamenta bajo un objetivo general de la lección del concepto de corriente eléctrica y unos objetivos específicos debido a que la enseñanza expositiva requiere de estos cuando se enseña de manera general un concepto como es el de corriente eléctrica.

La última variable que se tuvo en cuenta fueron las analogías y metáforas que se diseñaron teniendo en cuenta los requerimientos de los estudiantes, como por ejemplo relacionar el concepto de corriente eléctrica con la vida cotidiana (análogo); relacionar las ecuaciones nuevas (corriente eléctrica) con ecuaciones conocidas (análogo) para que aprendan a interpretar estas ecuaciones. Por último se usa en los análogos trabajos de laboratorio, ya que el método de enseñanza expositivo propone en el momento de presentar los materiales de trabajo. Las analogías y metáforas diseñadas se relacionan en la **tabla 8.2.1**. Con base en las justificaciones de las ideas previas, la enseñanza expositiva y las analogías y metáforas, el contenido de la guía didáctica elaborada aparece en la **tabla 8.2.2**

Como se puede apreciar en la tabla 8.2.2, cada propósito del concepto a enseñar, se acompaña de una evaluación, la cual permite conocer qué fue lo que comprendió el estudiante durante la explicación de cada concepto, además permite identificar dificultades de aprendizaje que se tuvieron en cuenta durante la enseñanza. También una vez analizadas las evaluaciones, estas sirven para recalcarles a los estudiantes antes de empezar una nueva clase las dificultades

que se evidenciaron en sus evaluaciones, para así otorgarles un espacio de reflexión y transformación de sus nuevas ideas, que esperamos que sean de modelos mentales acordes con la teoría científica.

Por otro lado, se pudo detectar cómo están relacionando los análogos y metáforas con los conceptos de corriente eléctrica que se han enseñado y así disponer de un espacio de reflexión en esta investigación sobre qué tan pertinente es el análogo o metáfora usada en cada situación, si genera más conflictos cognitivos, o por el contrario si se les hace más fácil explicar los conceptos por parte de los estudiantes, teniendo así un criterio de diferenciación entre el análogo o metáfora y el concepto según lo planteado por el modelo cognitivista.

ANÁLOGO ( A ) O METÁFORA (M)	CONCEPTO	JUSTIFICACIÓN DEL ANÁLOGO
1.(A) El movimiento de un conductor de espiras en un campo magnético	El funcionamiento de una turbina de la hidroeléctrica	Según las preguntas realizadas a los estudiantes sobre las ideas previas, algunos respondieron en la pregunta cinco que la corriente empieza en una turbina de una hidroeléctrica donde se transforma la energía en electricidad, sin embargo, no fueron explícitos al decir cómo fue modificada esa energía eléctrica en las turbinas, razón para usar como análogo un experimento sobre la ley de Faraday, según el cual “un flujo magnético en un conductor induce una fuerza electromotriz (fem), además aumenta la fem si el conductor tiene un mayor número de espiras”, entonces si se comparan las turbinas (que son grandes generadores eléctricos, que están compuestos de muchos conductores y con muchas espiras que están girando por efecto de las fuerzas de las corrientes de agua, estas espiras al estar dentro de un campo magnético que lo genera un gran imán se produce corriente inducida, es decir, energía eléctrica a partir de energía mecánica) con un pequeño imán que se hace mover por acción mecánica en un conductor enrollado en él se podrá mostrar que este análogo produce corriente medible en un amperímetro
2.(A) El puding de pasas	Átomo de Thompson	Thompson describió al átomo como una esfera de carga positiva la cual tenía incrustados electrones, de la misma forma como un puding tiene sus pasas incrustadas en él
3.(M) Descubriendo el diamante	Átomo de Rutherford	Rutherford mediante un experimento de dispersión de partículas alfa proporcionó la primera evidencia de la existencia de un núcleo atómico con sus electrones orbitando en círculos alrededor de él, la metáfora para este experimento es la siguiente: había una vez un rey que quería desposar su hija, pero ella no sabía con quien comprometerse, entonces pidió a su padre que fuera él quien escogiera su prometido, el rey muy ingeniosamente colocó un diamante dentro de uno de tres pasteles que servirían como estrategia para poder desposar su hija, pues quien detectara el diamante que estaba dentro de los pasteles sin acercárseles a

		ellos sería quien tomaría de esposa a la hija del rey, pero quien no lo consiguiera moriría en la guillotina. No muchos querían desposar a la princesa por el peligro que jugaban, pero uno de ellos era quien tenía la mejor técnica para detectarlo, ya que debía de lanzar flechas y se suponía que la que no pasara sería el pastel donde estaría el diamante. El rey al ver esta novedosa idea le dio dos oportunidades para flechar a cada pastel durante dos rondas, casualmente en la primera ronda no lo detectó al pasar las flechas de largo, pero en la segunda sí lo logró ya que se estrelló la flecha. La relación de esta metáfora con el experimento de Rutherford es que las flechas hacían de partículas alfa y el diamante de núcleo atómico, al ver que en la primera ronda el flechero no pudo detectar nada, significa que el átomo tiene espacios vacíos por donde giran los electrones.
<b>4.(A)</b> movimiento planetario	El El átomo de Bohr	Bohr propuso que los electrones giran en torno a órbitas circulares estables que tienen un número entero de longitudes de onda en la circunferencia, tales órbitas permitirían ondas estacionarias. De acuerdo a lo anterior los planetas giran alrededor del Sol en órbitas estables como lo hace el electrón alrededor del núcleo. Sin embargo, los planetas no tienen movimiento ondulatorios como el electrón, además los planetas presentan distintas masas entre ellos diferente a la de los electrones, entonces solo tenemos presente el objeto de este análogo para decir de que el electrón al igual que los planetas se encuentra orbitando alrededor del núcleo en órbitas estables.
<b>5.(M)</b> Hormigas enloquecidas	Modelo atómico cuántico	Según las concepciones de la mecánica cuántica dos electrones de un mismo átomo no pueden tener sus números cuánticos iguales, además un orbital atómico es la región del espacio en la que hay mayor probabilidad de encontrar un electrón. Con lo anterior se puede usar la metáfora que dice: un día muy caluroso el Sol habría radiado tanta energía que las hormigas que tenían caminos estables para conseguir su alimento y llevarlo hasta su colonia se empezaron a enloquecer, mostrando un gran

		caos entre ellas. En medio de su desespero por encontrar alimento no podían estar juntas en un mismo lugar, pero tampoco podían alejarse mucho de la colonia. Comparando la realidad con esta metáfora podemos encontrar que en los caminos estables de las hormigas es más probable encontrar una de ellas allí, así como es más probable encontrar un electrón en su respectivo orbital, también se puede decir que el caos en las hormigas representa el comportamiento de los electrones, además dos electrones no pueden estar juntos así como las hormigas debido a su desespero por encontrar alimento rápidamente, el cual lo hacen más eficientemente si lo hacen individualmente.
<b>6.(A)</b> tubo ancho	Conductor eléctrico	Un conductor es un material en el cual se transfiere fácilmente la carga eléctrica, así como lo hace en un tubo ancho que puede transferir fácilmente los cuerpos.
<b>7.(A)</b> tubo angosto	Semiconductor eléctrico	Un semiconductor es un material intermedio para transportar carga eléctrica así como lo hace un tubo angosto que puede transferir pocos cuerpos.
<b>8.(A)</b> tubo cerrado	Aislante eléctrico	Un aislante es un material que se resiste al flujo de carga eléctrica así como lo hace un tubo cerrado que no permite el paso de cuerpos.
<b>9.(A)</b> Ley de la gravitación universal	Ley de Coulomb	La ley de Coulomb dice que la fuerza de atracción o de repulsión entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las dos cargas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias que las separa, siendo su análogo respectivo la fuerza de gravitación universal ya que la fuerza de atracción entre dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.
<b>10.(A)</b> Campo gravitacional y la corriente de un río	Campo eléctrico	Existe un campo eléctrico en una región del espacio en la que una carga eléctrica experimenta una fuerza eléctrica siendo su análogo respectivo el campo gravitacional ya que es una propiedad del espacio en la que un cuerpo experimenta una fuerza de atracción. Del mismo modo podemos representar al campo eléctrico a manera de analogía como la corriente de

		un río en la que transporta peces que viajan en la misma dirección de dicha corriente, siendo los peces la representación de la carga eléctrica.
<b>11.(M)</b> pez que se muere se lo lleva la corriente	El electrón y protón en un campo eléctrico	Los salmones viven comúnmente en el mar durante su época juvenil y adulta, pero cuando están en época de reproducción nadan en contra de la corriente por aguas dulces hasta el lugar de reproducción; sin embargo, la mayoría de ellos llegan lastimados por el choque contra rocas y algunos de ellos posteriormente mueren siendo arrastrados a favor de la corriente. De esta forma, así como el salmón viaja en contra de la corriente, el electrón lo hace en contra de dirección del campo eléctrico y así como el pez muerto es arrastrado por la corriente, el protón es transportado en el mismo sentido del campo eléctrico.
<b>12.(M)</b> Erizo de mar	Ley de Gauss en superficies esféricas	Las líneas de campo en superficies esféricas gaussianas son como las espinas en las superficies del cuerpo de un erizo de mar.
<b>13.(A)</b> una caja de huevos	La permitividad	La permitividad es una constante de proporcionalidad que establece un límite para el número de líneas de campo que pueden trazarse en una superficie, su análogo viene siendo la caja de huevos la cual tiene un límite para un número de huevos que puede contener
<b>14.(A)</b> energía potencial gravitacional	Energía potencial eléctrica.	Una carga que adquiere energía potencial, realiza un trabajo en contra del campo eléctrico, así como un cuerpo adquiere energía potencial cuando realiza un trabajo en contra de la fuerza de gravedad.
<b>15.(A)</b> bomba esférica de aire	Potencial eléctrico	El potencial es una propiedad del espacio que producen las cargas y que es capaz de realizar un trabajo sobre una carga de prueba cuando se acerca a ella, siendo su potencial más intenso cuando la carga de prueba está más cerca de la fuente que produce el potencial, así como lo hace una bomba de aire cuando libera el gas, el cual es más intenso al estar su frente de onda más cerca a él, provocando un mayor trabajo en una partícula que esté cerca a la bomba
<b>16.(A)</b> Presión alta y baja en un flujo	Diferencia de potencial	para que haya un flujo de agua se requiere una variación de la presión que va de mayor a menor, ya que el flujo es directamente proporcional a la

de agua		variación de la presión e inversamente proporcional a la resistencia, de igual modo es necesario que haya una diferencia de potencial de mayor a menor en un conductor con su respectiva resistencia para que pueda tener un flujo de corriente
<b>17.(A)</b> El llenado de un tanque de acero	Capacitor	para cargar un conductor se requiere transferir electrones con la ayuda de una batería , pero este conductor tiene un límite de almacenamiento de cargas eléctricas, ya que a medida que se transfieren mas cargas al conductor, el potencial del conductor se vuelve más alto, lo que hace más difícil transferir más carga, así como cuando se trata de llenar de aire un tanque de acero con la ayuda de una bomba de aire, ya que cuanto más aire se bombea al tanque, más aumenta la presión que se opone al flujo de cantidades adicionales de aire.
<b>18.(A)</b> resistencia del flujo de un liquido	Resistencia eléctrica	Para que haya un flujo de agua se requiere de una variación de la presión y la resistencia que se opone al flujo del liquido, la resistencia depende de la longitud del tubo, del área transversal y de la viscosidad del liquido, así como pasa con la resistencia del flujo de corriente que depende de la longitud del conductor, de su área transversal y de la clase de material.
<b>19.(A)</b> La mecánica de la bomba de agua en un circuito mecánico	Corriente, fuerza electromotriz y resistencia de un circuito eléctrico	Cuando se tiene en un circuito mecánico de tuberías una bomba de agua, una resistencia (tubería más angosta) y agua que fluye por la tubería, para mantener su flujo continuo a través del circuito la bomba debe realizar el trabajo necesario sobre cada unidad de volumen de agua, para poder reemplazar la energía por cada unidad de volumen que fluye a través de los tubos. De modo análogo en un circuito eléctrico que contiene una batería, una resistencia y corriente que fluye por el conductor, para mantener un flujo continuo de cargas en el conductor (corriente), la batería debe trabajar sobre cada unidad de carga que pasa a través de ella para elevarla a un mayor potencial. Este trabajo debe suministrarse con una rapidez igual a la rapidez con la que se pierde la energía al fluir a través del circuito.
<b>20.(M)</b> El ladrón	Potencia eléctrica	Para realizar trabajo en cada elemento de un circuito como una bombilla,

		un motor o un calentador, se requiere una cantidad de energía eléctrica que tiene que transformar para realizar trabajo. De este modo la batería tiene que producir la energía que se ha disipado del sistema, debido a las pérdidas que ha causado cada elemento. Por esta razón cada elemento es como el ladrón que se roba la energía que produce constantemente la batería para suplementar las pérdidas de energía, el cual lo hace en el menor tiempo posible dependiendo de la agilidad de cada ladrón.
--	--	--

**Tabla 8.2.1. Justificación de analogías y metáforas**

<b>OBJETIVO GENERAL DE LA LECCIÓN</b>			
El estudiante comprenderá los fenómenos eléctricos que ocurren en los conductores de un circuito como el que existe en casas, colegios y la ciudad, para que puedan clasificarlos en forma jerárquica en un mapa conceptual o red semántica.			
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA LECCIÓN</b>			
<b>El estudiante:</b>			
1. Tendrá una idea de cómo ha evolucionado el conocimiento de la corriente eléctrica comercial a través del tiempo.			
2. Comprenderá las propiedades, el comportamiento y la función del electrón y el ión positivo como portadores de la carga eléctrica.			
3. Dará respuesta al funcionamiento de los trabajos de laboratorio relacionados con cargas estáticas y en movimiento.			
4. Entenderá, relacionará y diferenciará críticamente el análogo o la metáfora según sea el caso con referente a: El funcionamiento de la turbina de la hidroeléctrica, el átomo de Thompson, Rutherford, Bohr y el átomo cuántico, conductor, semiconductor, aislante, ley de Coulomb, campo eléctrico, electrón y el ión positivo en un campo eléctrico, ley de Gauss en superficies esféricas, permitividad, energía potencial eléctrica, potencial, diferencia de potencial, capacitor, corriente, resistencia y potencia eléctrica.			
<b>MOMENTO</b>	<b>PROPÓSITO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
<b>INICIO</b>	Describir las actividades que se realizarán y los objetivos sobre el concepto de corriente eléctrica que se espera que los estudiantes	Desarrollar por parte del maestro las actividades y los objetivos a realizar en un cuadro que se les expondrá a los estudiantes	No hay evaluación

	aprendan durante el desarrollo de las clases. Durante cada actividad que se desarrolle se recordará constantemente su relación con la corriente eléctrica para no perder de vista el concepto general.		
<b>DESARROLLO</b>	a. Transformar las ideas previas que tienen los estudiantes sobre cómo llega la corriente hasta su colegio, dejando claro el papel que cumplieron Edison y Tesla en la historia del desarrollo de la corriente eléctrica comercial.	1. Mediante un experimento que se usará como análogo 1 (ver Tabla 8.2.1) para relacionarlo con el funcionamiento de una turbina de la hidroeléctrica, se compara con sus ideas previas y se hacen aclaraciones. 2. Se expone la historia de la evolución del concepto de corriente eléctrica y se lee un texto (ver anexo 2) que muestra la participación de los creadores de la corriente eléctrica de manera comercial y se hacen preguntas para incentivar la atención	A. Los estudiantes escribirán que papel cumplió Tesla en el desarrollo de la corriente eléctrica comercial actualmente y determinarán de manera secuencial cómo llega la corriente eléctrica hasta el colegio
	b. Brindar información necesaria para que los estudiantes demuestren la existencia de las dos clases de cargas con sus respectivas propiedades electrostáticas	3. Se explica la estructura atómica de la materia contrastándola con sus ideas previas, además se explica cómo ha venido cambiando a través de la historia, desde las ideas de Demócrito en la antigua Grecia, seguido por Dalton, Thompson, Rutherford y Bohr, hasta nuestro días con el modelo atómico cuántico con sus respectivas metáforas y análogos 2,3 y 4 (ver Tabla 8.2.1)	B. Los estudiantes describirán cómo funciona el átomo, según las concepciones que se tienen hoy en día  Además los estudiantes

	<p>4. Explicar qué es una carga eléctrica y las propiedades electrostáticas de la materia, usando un electroscopio para detectar la presencia de cargas eléctricas</p> <p>5. Explicar qué es y la función que cumple un conductor, un semiconductor y un aislante, con sus respectivos análogos 6, 7 y 8. (ver Tabla 8.2.1)</p>	<p>representarán mediante un esquema y explicarán todo lo que sucede con el flujo de carga a partir de cada experimento que se realizó en clase.</p>
c. Relacionar la ley de Coulomb con la ley de gravitación universal para que los estudiantes comprendan que las fuerzas eléctricas también están cuantizadas	<p>6. Explicar la ley de gravitación universal, análogo 9 (ver Tabla 8.2.1) y posteriormente se relaciona con la ley de coulomb para generar ejemplos en forma de problemas, además se aclaran dudas.</p>	<p>C. Los estudiantes escribirán qué comprendieron acerca de la ley de coulomb</p>
d. Definir el campo eléctrico para que los estudiantes puedan explicar qué factores determinan su magnitud y dirección.	<p>7. Se define el campo eléctrico usando su respectiva analogía 10 (ver Tabla 8.2.1). Esta explicación se apoya con la descripción de la ecuación.</p> <p>8. Determinar la magnitud y dirección del campo eléctrico y cómo se comporta una carga como el electrón o el protón bajo la influencia de este campo usando su respectiva metáfora 11 (ver Tabla 8.2.1) y se promueve la participación de los estudiantes para predecir este comportamiento.</p>	<p>D. Los estudiantes escribirán que comprendieron acerca del concepto de campo eléctrico</p>
e. Definir conceptos como la densidad de carga, la permisividad	<p>9. Enunciar la ley de Gauss en superficies esféricas con su respectiva</p>	<p>E. El estudiante describirá que</p>

	y las líneas de campo, para que los estudiantes puedan relacionar estos conceptos en la ley de Gauss.	metáfora 12 (ver Tabla 8.2.1) y así poder determinar el concepto de permitividad, también con sus respectivo análogo 13 (ver Tabla 8.2.1) el cual puede afectar la intensidad y las líneas del campo eléctrico.	comprendió sobre la ley de Gauss.
	f. Definir los conceptos de energía potencial, potencial eléctrico y diferencia de potencial eléctrico para que los estudiantes mediante definiciones y ejemplos demuestren su comprensión sobre estos concepto	10. Contrastar las ideas previas sobre la energía potencial gravitacional y se explica en qué consiste este fenómeno, para así usarla como análogo 14 (ver Tabla 8.2.1) en la energía potencial eléctrica, luego se realiza en el tablero la ecuación de energía potencial y se aclara mediante ejemplos 11. Explicar el concepto de potencial eléctrico y diferencia de potencial con sus respectivos análogos 15 y 16 (ver Tabla 8.2.1) resaltando sus diferencias mediante ejemplos, se hacen preguntas y se aclaran diferencias.	F. El estudiante describirá cada uno de los conceptos que se explicaron en las actividades 10 y 11
	g. Definir capacitancia para que el estudiante entienda la relación que hay entre capacitancia, voltaje aplicado y carga total de manera más aplicativa.	12. Definir el capacitor usando su respectivo análogo 17 (ver Tabla 8.2.1) para así relacionar la carga total y el voltaje aplicado en la capacitancia de la misma forma se explica en qué consiste la energía potencial que pueden almacenar estos dispositivos	G. Los estudiantes definen las propiedades y cualidades de la capacitancia.
	h. Definir y se explica corriente	13. Definir y explicar la resistencia con	H. El estudiante

	<p>eléctrica, fuerza electromotriz, resistividad, resistencia y potencia eléctrica para que el estudiante tenga una visión general de las influencias que tienen las cargas en movimiento en un circuito eléctrico</p>	<p>su respectivo análogo 18 (ver Tabla 8.2.1), además se definirá posteriormente la corriente eléctrica y fuerza electromotriz mediante su respectivo análogo 19 (ver Tabla 8.2.1), posteriormente se hace mediante un ejemplo experimental la comparación de los dos casos (el modelo real y el análogo), se reflexiona sobre sus ideas previas que tenían al respecto.</p> <p>14. Explicar el concepto de potencia mediante su respectivo metáfora 20 (ver Tabla 8.2.1) del cual se realizara un ejemplo para demostrar su aplicación.</p>	<p>demuestra por medio de definiciones y ejemplos qué ha comprendido en cada uno de los conceptos explicados.</p>
<p><b>CIERRE</b></p>	<p>Integración reconciliadora de conocimiento a partir de las explicaciones hechas por el profesor durante las trece actividades que se desarrollaron y a la transformación de sus ideas previas en conceptos más sólidos, para así dejar claro que ellos manejan jerárquicamente el entramado conceptual de corriente eléctrica.</p>	<p>15. Entrenar a los estudiantes en la construcción de mapas conceptuales independientes al tema tratados en un término de 60 minutos</p>	<p>Los estudiantes construirán un mapa conceptual o red semántica sobre el concepto de corriente eléctrica</p>

**Tabla 8.2.2. Guía didáctica**

### 8.3. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE CADA CONCEPTO

De esta manera se describen a continuación los resultados significativos que se encontraron en cada evaluación enumerada de la letra **A** hasta la letra **H**, recordando que estas evaluaciones tienen estrecha relación con la numeración de la letra **a** hasta la letra **h** de los propósitos que se identifican en la guía didáctica.

**Evaluación A:** cuando se les pidió a los estudiantes que escribieran qué papel cumplió Tesla en el desarrollo de la corriente eléctrica comercial con base a la lectura sobre “la guerra de las corrientes” Edison contra Tesla (ver anexo 2), los estudiantes coincidieron diciendo que:

Estudiante 1: “Tesla cumple un gran papel en el desarrollo del tipo de corriente alterna porque es mejor que la corriente continua que proponía Edison y además es la que se ve hoy en día en las hidroeléctricas”.

Estudiante 2: “esta corriente alterna fue la principal base en la implantación del nuevo tipo de corriente eléctrica comercial”.

Estudiante 3: “ésta corriente alterna hoy en día es muy utilizada en los hogares por su eficiencia y eficacia debido a que esta corriente es más barata, se puede trabajar mejor y se puede obtener un mayor ahorro de energía”.

Estudiante 4: “esta corriente es más importante gracias a la variación en el voltaje, la cual está adaptada para tener una diferente resistencia y corriente”.

Según los resultados significativos que se describieron anteriormente, se pudo resaltar que los estudiantes comprenden la diferencia entre la eficiencia de corriente, además se cree que los estudiantes comprenden cómo funciona la corriente alterna, por lo menos su principio, ya que según ellos acuñen el término variación de voltaje, este concepto fue construido a partir del experimento análogo de las turbinas de la hidroeléctrica que se realizó en el aula de clase, en el cual se demostró como la corriente varía y por tanto su voltaje también. Por otro lado, este concepto de corriente alterna fue necesario plantearlo al comienzo, porque según la enseñanza expositiva necesitamos abarcar los contenidos desde el más general al específico, y que mejor que explicar cuál es el tipo de corriente que llega hasta nuestros hogares o el mismo colegio, para que cada vez se introduzca un

concepto particular que esté relacionado siempre con un concepto general.

**Evaluación B:** cuando se les pidió a los estudiantes que describieran cómo funciona el átomo, según las concepciones que se tienen, lo que respondieron fue:

Estudiante 1: “el funcionamiento actual del átomo se puede comparar con el modelo probabilístico, ya que esta teoría plantea la organización y probabilidad de hallar el electrón entorno a un núcleo compuesto de protones y neutrones”.

Estudiante 2: “el orbital es la mayor probabilidad de encontrar un electrón”.

Estudiante 3: “El átomo se divide en cuatro números cuánticos que son el nivel, el subnivel, Movimiento magnético y el spin, y estos números pueden explicar esta organización”.

Estudiante 4: “las hormigas son como electrones que trabajan alrededor del hormiguero, es decir del núcleo, y se dice que cada hormiga tiene su espacio de trabajo, es decir, que los electrones nunca están acompañados, siempre están solos en su espacio o zona específica de cada uno de ellos o en su orbital correspondiente”.

Al analizar las respuestas consignadas por los estudiantes encontramos que ellos son conscientes de un átomo probabilístico como lo indica la mecánica cuántica, además, comprenden que los cuatro números cuánticos son los que explican la organización del átomo. Por otro lado la respuesta que dio el estudiante 4 que relacionó el análogo de las hormigas enloquecidas con el funcionamiento actual del átomo, se pudo identificar un error conceptual debido a que dijo que el electrón se encuentra solamente en un orbital, cosa que no siempre es así, entonces este análogo se debe mejorar en cuanto a este aspecto. Las hormigas pueden en el mejor de los casos andar en parejas en un mismo camino para buscar su alimento eficientemente; sin embargo, no están en el mismo punto específico, esto con el fin de relacionar el spin que contienen los electrones.

Por otro lado, cuando se les pidió que mediante un esquema explicaran todo lo que sucede con el flujo de carga a partir de cada trabajo de laboratorio que se realizó en clase, del cual la mayoría describieron bien el flujo de cargas que se percibió en el experimento de frotar un globo sobre el cabello y esta después se

acerca a la barra de metal de un electroscopio atrayéndola, entonces en sus representaciones se notaba que el globo al frotarse sobre el cabello adquiría cargas negativas y estas cuando se acercaban a la barra atraían cargas positivas en un extremo, quedando sus cargas negativas en el otro extremo. De lo anterior, la experiencia fue efectiva, ya que se evidenció una comprensión objetiva del fenómeno trabajado.

**Evaluación C:** al preguntarle a los estudiantes qué comprendieron acerca de la ley de Coulomb se pudo identificar que a la mayoría no le es claro este concepto, ya que sus respuestas son:

Estudiante 1: “es la medida de la fuerza eléctrica de los electrones y protones”.

Estudiante 2: “la fuerza eléctrica es más pesada que la gravitacional”.

Estudiante 3: “la fuerza eléctrica es más fuerte que la fuerza de atracción gravitacional”.

También se pudo encontrar que los estudiantes se limitaron solo a escribir la ecuación correspondiente de la ley de coulomb sin su respectiva explicación.

De las anteriores respuestas consignadas se puede inferir que ellos aunque en su gran mayoría no comprendieron el concepto, el estudiante 3 sí lo hace, al describir el análogo usado de la fuerza de atracción gravitacional, que comprendió e interiorizó. Esta respuesta se debió a un ejemplo que se hizo en la clase para comparar los dos tipos de fuerza. Por otro lado, aunque algunos se limitaron a escribir la ecuación de la ley de coulomb, para el estudiante 1 fue más claro este concepto al decir que es la “medida” de las fuerzas que efectúan las cargas. Por consiguiente concluimos que el análogo utilizado en este concepto no fue tan significativo para el estudiante, porque a ellos se les dificultó comprender ecuaciones y en especial la que se trató en clase, ya que no vieron tan importante relacionar la ecuación de la fuerza de atracción gravitacional con la de la fuerza eléctrica con sus respectivas descripciones físicas.

**Evaluación D:** cuando se les evaluó lo que comprendieron acerca del concepto de campo eléctrico, algunos de ellos tuvieron en cuenta tanto su definición como el análogo que se explicó en la clase, aunque no fueron explícitos al relacionarlo, por ejemplo dijeron que:

Estudiante 1: “el campo eléctrico es la relación entre la fuerza y carga, así como la “naturaleza” del campo gravitacional”.

Estudiante 2: “es un lugar donde hay mucha electricidad, donde iones positivos o negativos viajan en este campo dependiendo de la fuerza que contenga”.

Estudiante 3: “es como un campo con carga, ya que este campo hace mover cargas debido a que si una partícula esta quieta el campo la atrae o repele”.

Estudiante 4: “Es la fuerza energética que actúa sobre un cuerpo”.

Estudiante 5: “es la fuerza que actúa en las cargas”.

Además varios de ellos se limitaron a escribir solo la ecuación del campo eléctrico  $E = \frac{F}{q}$ , sin su respectiva explicación.

De las respuestas consignadas anteriormente se detecta que saben que el campo eléctrico es una relación entre fuerza y carga, sin embargo, muy pocos la definen de esta forma. Por otro lado el estudiantes 3 al decir que el campo eléctrico es un campo con carga, se evidencia un error conceptual o posiblemente un error de redacción, ya que es un campo que producen las cargas, así mismo, en la respuesta del estudiante 4 se evidencia un error conceptual entre carga y cuerpo debido a que en realidad el campo eléctrico es la fuerza que se ejerce sobre una carga. La respuesta anterior pudo haber sido causada por el análogo del campo gravitacional, ya que este relaciona las fuerzas con los cuerpos.

Por otro lado se pudo evidenciar que sí tienen en cuenta, aunque muy poco, el análogo, faltó que ellos pudieran describir de una manera más explícita esta relación entre campo eléctrico y campo gravitacional. También suponemos que el estudiante 1 al mencionar la “naturaleza” del campo gravitacional se estará refiriendo de este modo, que los cuerpos se dirijan en el mismo sentido de la “naturaleza” del campo gravitacional y al trasponer esto en el campo eléctrico, sería lo mismo decir, que las cargas se dirigen en el sentido del campo eléctrico según la “naturaleza” de ellas, es decir, las cargas negativas en contra del campo y la positivas a favor del campo. Lo dicho anteriormente es una posible interpretación que se dio a la “naturaleza” debido a que cuando se explicó este concepto se habló de la naturaleza de las cargas y se explicó mejor mediante otro análogo de los peces del río, que de hecho muy pocos tuvieron en cuenta.

**Evaluación E:** cuando se les evaluó sobre lo que comprendían de la ley de Gauss se pudo apreciar que la consideran de la siguiente manera:

Estudiante 1: “la ley de Gauss es la relación que hay entre campo eléctrico y carga eléctrica”.

Estudiante 2: “se relaciona con el número de líneas de cargas”.

Estudiante 3: “es el número de líneas de campo que hay en una carga”.

Estudiante 4: “es el numero finito de líneas o espinas es igual al número de cargas”.

Estudiante 5: “a mayor área mayor número de líneas y por consiguiente mayor cantidad de cargas”.

Además la mayoría se limitaban a escribir las ecuaciones correspondientes a la ley de Gauss.

Al analizar las respuestas consignadas, ellos sí comprenden el significado de la ley de Gauss y además relacionan las líneas de campo que se explicaron durante la clase sin necesidad de usar integrarles en este fenómeno, se pudo detectar que el estudiante 2 confunde estas líneas de campo con líneas de carga, debido a que hay una relación entre las de campo según la cantidad de la carga encerrada. Por último, el estudiante 4 que relacionó la ley de Gauss con el análogo no tuvo problemas y especificó que así como el erizo de mar tiene un numero finito de espinas, las líneas de campo también tienen un número finito en la carga, debido a la permitividad que también se explicó durante la clase con el análogo de la caja de huevos.

**Evaluación F:** El análisis de esta evaluación está dividida en dos partes, empezaremos por las respuestas consignadas por los estudiantes cuando dieron a conocer lo que comprendían acerca de energía potencial eléctrica y posteriormente analizaremos las respuestas consignadas sobre potencial y diferencial de potencial eléctrico. De esta manera se evidenció para la primera parte que ellos consideran:

Estudiante 1: “la energía potencial eléctrica es una energía que ganan las cargas cuando viajan en contra de la naturaleza del campo, es decir, se adquiere más energía potencial cuando el electrón no viaja en contra de su campo, esto se

refiere a que gana más energía potencial cuando el electrón viaja en la dirección del campo”.

Estudiante 2: “así como un cuerpo gana energía potencial cuando va en contra de la gravedad, así mismo una carga gana energía potencial eléctrica cuando va en contra de la energía potencial eléctrica”.

Además, los estudiantes en la mayoría de los casos representaban esta explicación mediante esquemas, que de hecho son muy claros para detectar su comprensión frente a este tema.

De las respuestas consignadas en el concepto anterior se puede destacar que ellos entendieron este concepto, esquemáticamente lo pueden representar sin ningún problema y al definirlo se puede ver su comprensión. El estudiante 1 habla de la naturaleza del campo, como se dijo anteriormente en la evaluación D; esta comprensión se debe a que en la clase se comentó mediante el análogo del pez en el río, cómo es que viaja un pez vivo como análogo del electrón y un pez muerto como análogo del ion positivo en un río que sirvió del análogo al campo eléctrico ya que tiene una dirección definida. Ellos entendieron este concepto fácilmente con esta estrategia didáctica que se utilizó; Además el estudiante 2 fue muy claro en su explicación al relacionar el análogo de la energía potencial gravitacional con la energía potencial eléctrica, sin embargo, se detectó que ninguno tuvo en cuenta el concepto de trabajo que realizan las cargas para almacenar energía, aunque tengan en cuenta cómo se debe mover la carga para almacenarla.

De la segunda parte las respuestas que dieron a conocer los estudiantes acerca de lo que comprendieron de potencial y diferencia de potencial es que:

Estudiante 1: “potencial es una propiedad del espacio que producen las cargas y realizan trabajo en una carga de prueba, donde el potencial es más intenso cerca de donde se produce”.

Estudiante 2: “el potencial es más intenso cerca de donde se produce así como es más intenso la presión de aire cerca de la bomba de aire”

Estudiante 3: “es el trabajo sobre una carga”.

Estudiante 4: “es el voltaje en un punto del circuito”.

Estudiante 5: “el potencial se compara con la bomba de aire y que a mayor distancia menor es el impacto”.

Por otro lado las respuestas que dieron los estudiantes sobre diferencia de potencial es que consideran que:

Estudiante 6: “como el trabajo por unidad de carga que realizan fuerzas eléctrica que mueven una carga del potencial mayor al potencial menor”.

Estudiante 7: “es el fluido de corriente”.

Estudiante 8: “es la resta entre la potencia de dos puntos de un circuito”.

Cuando se analizan estas respuestas consignadas se aprecia que aunque saben en la mayoría de los casos qué es potencial eléctrico muy pocos lo relacionan con la palabra voltio, además no describen las unidades. Tan solo el estudiante 5 relacionó el análogo como una fuerza de impacto siendo esta interpretación muy interesante porque se puede inferir que cuando una carga está más cerca al potencial su fuerza de impacto será mucho mayor y por tanto realiza un mayor trabajo sobre la carga. Por otro lado, aunque definen bien la diferencia de potencial muy pocos ven su aplicación, solo el estudiante 7 lo relacionó con el fluido de corriente, pero aún así no fue claro, además ninguno usó el análogo de la diferencia de presión que provoca un flujo de algún líquido o gas y por tanto una diferencia de potencial provocaría un flujo de la corriente eléctrica y no es que sea este un fluido de corriente como lo mencionó el estudiante, por tanto se infiere que él no comprendió la limitación del análogo – concepto.

**Evaluación G:** con relación a la pregunta sobre qué entendían acerca de la capacitancia, ellos respondieron que:

Estudiante 1: “es la capacidad que tiene un cuerpo de almacenar energía”.

Estudiante 2: “sirve para almacenar cargas”.

Estudiante 3: “es una relación entre carga y potencial”.

Estudiante 4: “es el límite de cargas que pueden albergar los capacitores en un circuito”.

Cuando el estudiante 4 habla de capacitores se refiere a los aparatos que servían para almacenar la energía o aparatos que tienen energía, estos pueden ser, según ellos, placas separadas paralelamente, las cuales tienen que estar conectadas a una batería o sencillamente las placas son una batería que almacena energía. El análisis que se hizo de las respuestas consignadas anteriormente se pudo detectar que tienen un concepto claro sobre lo que es capacitancia, pero cuando se refieren a los capacitores solo una persona lo definió como una batería, siendo esta última la que carga el capacitor y no el capacitor como tal; seguro esta dificultad conceptual se produjo porque consideran que las baterías como el capacitor son las que almacenan energía. Además se pudo detectar que no tuvieron en cuenta el análogo tratado en clase, aunque algunos lo dibujaron no lo explicaron, por tanto se deduce que este análogo no fue significativo para entender el concepto.

**Evaluación H:** cuando se les preguntó a los estudiantes acerca de lo que comprendieron sobre corriente eléctrica, resistencia, fuerza electromotriz y potencia eléctrica, se obtuvo gran variedad de respuestas para cada uno de estos conceptos. Se iniciara por dar a conocer las respuestas que dan de cada concepto empezando por el de corriente eléctrica, de la cual dicen que:

Estudiante 1: “es el flujo de energía que transcurre por un circuito, que depende del potencial”.

Estudiante 2: “es flujo de cargas que pasa por un conductor en un determinado tiempo”.

Estudiante 3: “es una magnitud que se utiliza en todas las cosas que hacemos con circuitos grandes y pequeños”.

Las definiciones que dieron de resistencia eléctrica fueron:

Estudiante 4: “es la capacidad de retener energía para que no llegue con tanta fuerza”.

Estudiante 5: “es la oposición de corriente”.

Estudiante 6: “es la capacidad que tiene un cuerpo al oponerse a las cargas”.

Estudiante 7: “es la oposición al paso de la corriente”.

Estudiante 8: “es la capacidad de oponerse al flujo de cargas”.

Las respuestas que dieron de fuerza electromotriz sus resultados son:

Estudiante 9: “es el mismo voltaje y es la fuerza que expulsa las cargas”.

Estudiante 10: “es como la energía”.

Estudiante 11: “es la que impulsan la energía almacenada en la batería”.

Estudiante 12: “es el que realizan cierto trabajo sobre las cargas generando movimiento”.

Estudiante 13: “es la que proporciona energía para el flujo de las cargas”.

Estudiante 14: “es la fuerza que proporciona energía para transportarla, como el ejemplo de la manguera y el agua”.

Sobre el concepto de potencia eléctrica justifican que:

Estudiantes 15: “la potencia es la cantidad de energía que roba un dispositivo de una fuente de energía y luego esta se transforma”.

Estudiante 16: “es la energía utilizada en un tiempo determinado y sus mediadas se dan en watt”.

Estudiante 17: “es la velocidad de consumo de la carga”.

Estudiante 18: “es la velocidad de consumo de energía”.

Estudiante 19: “es lo que se realiza para el movimiento de las cargas”.

Estudiante 20: “es la velocidad de consumo de la carga en un determinado tiempo”

Estudiante 21: “es la velocidad de consumo en determinado tiempo”.

Según el análisis que se hizo en la interpretación de la diversidad de respuestas para cada concepto trabajado en la evaluación H, se concluye que poco usaron las analogías y metáforas planteadas durante la clase, además se encontró una serie de dificultades cuando hablan del concepto de carga y energía

porque se evidencia la confusión que tienen entre estos dos conceptos a la hora de definir corriente, resistencia y potencia, también confunden en la mayoría de los casos carga con cuerpo debido a que siempre fue su análogo, así que hay que tener mucho cuidado al exponer análogos o metáforas y aunque se hacen las distinciones se pueden presentar confusiones. Por esta razón, una vez obtuvimos cada uno de los resultados y los analizamos, nos dirigimos a aclararlos, en especial cuando se evidencia una errónea interpretación con el análogo, por ejemplo el caso del átomo cuántico, fuerza eléctrica, ley de Gauss, diferencia de potencial, entre otros.

Se pudo resaltar que para otros sí fue claro cada concepto porque lo definen completamente. Es muy posible que el uso de las analogías y metáforas no fueran del todo significativos para relacionar los conceptos por la mayoría, aunque se utilizó durante la penúltima clase un experimento crucial que sirvió de análogo para una comprensión de cada concepto expuesto (la mecánica de la bomba de agua en un circuito), haciendo un breve resumen de todo que se ha dicho en clases anteriores, aprovechando en relacionar las analogías y metáforas que utilizamos, creemos que se actuó correctamente en el propósito buscado de formar nuevos modelos mentales significativos acordes a las teorías científicas.

#### **8.4. RESULTADOS DE LOS MAPAS CONCEPTUALES Y REDES SEMÁNTICAS**

Antes de evaluar el aprendizaje significativo sobre la comprensión del concepto de corriente eléctrica, se llevó a cabo una actividad de entrenamiento en la construcción de mapas conceptuales y redes semánticas como se tenía planeado en la guía didáctica; ésta se realizó con el fin de proporcionar los distintos elementos que deberían de tener en cuenta a la hora de elaborar un mapa conceptual o red semántica, ya que es de esta manera como se les realizó la evaluación final de dicho concepto. Al tener una noción sobre la construcción de mapas conceptuales o redes semánticas, aclararán los elementos que se deben de tener en cuenta para su elaboración como por ejemplo los conectores, los conceptos generalizadores y particulares, las direcciones de la flechas, entre otros. De esta forma podrían más fácilmente llegar a elaborar un mapa o red sobre el concepto evaluado.

Durante la explicación se tuvieron en cuenta una serie de ejercicios para que

de una forma más dinámica y demostrativa fueran adquiriendo conocimientos y habilidades sobre la elaboración de dichos mapas o redes con los elementos que se les iba proporcionando. Estas actividades se desarrollaron en un tiempo de una hora, que es muy corto para lograr dicho propósito. Aunque demostraban mucho interés por realizar estas actividades debido a su participación, se evidenció que presentan falencias a la hora de elaborar distintas formas de mapas conceptuales, ya que no podían elaborar de manera fluida la mayoría de las actividades propuestas para lograr su construcción, siempre se presentaban confusiones en cada una de ellas, por lo que se necesita más tiempo para este entrenamiento, lo cual no era posible porque el maestro titular de la clase no nos permitiría otro espacio de su clase. En medio de estas dificultades se realizó la evaluación final en un término de 40 minutos, para así determinar si el uso de analogías y metáforas fue eficiente para un aprendizaje significativo del concepto de corriente eléctrica en general.

Una vez realizada la evaluación a través de la elaboración de un mapa conceptual se pudo rescatar las siguientes proposiciones significativas en los diferentes esquemas de cada estudiante que se acercaban a definir este concepto en general que está apoyado con el mapa conceptual de Restrepo (2013), cabe resaltar que la mayoría de ellos fueron redes semánticas. Como se sustentó anteriormente, tanto las redes semánticas como los mapas conceptuales nos aproximan para deducir si el estudiante adquirió un aprendizaje significativo del concepto de corriente eléctrica.

El estudiante 1: consideró significativamente que la energía es generada por el movimiento de partículas y estas generan, a su vez, corriente eléctrica y es transportada en los conductores (Ver anexo 3.1).

El estudiante 2: consideró significativamente que la electricidad es un flujo de corriente con cargas que se transporta por cables que están hechos de metal porque son materiales conductores; además el flujo de corriente es de varios tipos como el hidráulico, eólico, nuclear, solar y geológico; por último consideró que la corriente se divide en alterna y continua donde el principal responsable de la primera es Tesla y el de la segunda es Edison (ver anexo 3.2).

El estudiante 3: consideró que la corriente eléctrica se divide en alterna y continua

que se crean a partir de átomos con cargas que pueden ser positivas o negativas. Aunque dijo que estas cargas a través de cuerpos cargados, proposición que no es muy clara, crean cargas eléctricas en los que permite estudiar la energía potencial, el potencial, la ley de Coulomb y los capacitores (Ver anexo 3.3).

La estudiante 4: consideró significativamente que la corriente eléctrica está formado por un campo eléctrico en el que se encuentran protones y electrones (ver anexo 3.4).

El estudiante 5: usó significativamente el análogo de la bomba de agua para explicar la corriente eléctrica, diciendo que la bomba de agua realiza un trabajo en un conductor que produce un flujo en ese conductor en determinado tiempo, donde su fórmula es  $I = dQ/dt$  (ver anexo 3.5).

El estudiante 6: consideró que la energía potencial eléctrica es la energía en la que su carga realiza un trabajo en contra de su naturaleza en el campo eléctrico y esta energía potencial se relaciona con potencia, capacitor, resistencia y carga eléctrica. Además aclaró que la resistencia es la resistencia del flujo de corriente (cantidad de cargas en un tiempo) y depende de la longitud del conductor, de su área transversal y de la clase del material donde su fórmula es  $R = \rho L/A$ , además el estudiante aclaró que el potencial es una propiedad del espacio que producen las cargas y es capaz de realizar un trabajo en una carga de prueba cuando se acerca a ella. También definió significativamente el capacitor como un aparato que almacena energía potencial (ver anexo 3.6).

El estudiante 7: consideró significativamente proposiciones clave sobre las cargas, ya que dijo que el modelo actual del átomo, como concepto general, es aquel que en un mismo átomo no puede tener iguales sus números cuánticos y está conformado por 3 partículas que son el protón de carga positiva, el electrón de carga negativa y el neutrón sin carga, todos los anteriores según él es la carga excepto el neutrón, y que aunque no uso conectores lógicos, lo relaciono con los conductores, aislante, ley de Coulomb, campo eléctrico y energía potencial eléctrica. Esta última está relacionada, aunque sin conectores, con potencial, capacitor, capacitancia, corriente eléctrica, diferencia de potencial y resistencia. La mayoría de estos conceptos están bien definidos, de tal manera que para el estudiante son claros. Hay unas dificultades conceptuales, ya que él consideró

que la corriente es un flujo de energía que pasa en determinado tiempo, además dijo que la diferencia de potencial tiene que ver con la variación de presión y sobre la resistencia, definición que no es así, el cual se generó por el análogo que se usó, que no fue claro para él, ya que no lo diferenció con la definición real (ver anexo 3.7).

El estudiante 8: consideró significativamente proposiciones muy coherentes para explicar el concepto de corriente eléctrica. Para empezar, consideró la corriente eléctrica como un flujo de cargas que pueden ser positivas o negativas que generan electricidad, la cual es energía. Estas cargas transportan según él, energía potencial eléctrica que entregan a un bombillo, que depende de su potencia para encenderlo, que en últimas, definió la potencia como el robo de energía potencial eléctrica. Además aclaró que la corriente eléctrica puede ser continua o alterna. Por otro lado, consideró que la diferencia de potencial es la que genera la corriente eléctrica, ya que la definió como el trabajo por unidad de carga que realizan fuerzas eléctricas y mueven cargas del potencial mayor al potencial menor. También definió la resistencia como lo que se opone a la corriente eléctrica y depende de la clase del material, el área transversal y la longitud del material (ver anexo 3.8).

De los ocho esquemas anteriores que contienen una gran cantidad de proposiciones significativas, se puede demostrar que hubo un aprendizaje significativo, ya que se evidenció una transformación de sus ideas previas (modelos mentales alternativos) que se expondrán a continuación. Cabe resaltar que el test de ideas previas no se realizó para todos los estudiantes del curso 1103, pero si a su mayoría. Además se detecta que el concepto de corriente eléctrica no fue claro para todos, ya que en su gran mayoría, sus mapas conceptuales o redes semánticas no fueron coherentes para formar proposiciones de este concepto y dos de estas causas fue el poco tiempo que se empleó para entrenar a los estudiantes para realizar mapas conceptuales y redes semánticas, y la poca asistencia de ellos a todas las clases que se realizaron para explicar los conceptos mediante analogías y metáforas. Esta última causa fue la más grave que se detectó en el curso por causas externas, sin embargo, como se dijo anteriormente, el aprendizaje significativo que se evidenció a partir de las transformaciones de sus ideas previas fueron las siguientes:

Para empezar, las ideas previas que tenían sobre energía es que la consideran como una magnitud que se transforma y en la mayoría de los casos

dicen que es lo que genera movimiento, “es como el motor de las cosas”, es lo que hace funcionar los electrodomésticos. Todas las ideas anteriores no se alejan tanto de las concepciones que tienen actualmente, ya que dicen que la energía es generada por el movimiento de las partículas, o mejor, es la misma electricidad, que al complementar sus ideas previas en nuevos modelos mentales, se puede decir que es quien hacen funcionar los electrodomésticos.

Por otro lado ampliaron este concepto de energía en el tema tratado, nombrando así, la energía potencial eléctrica, que la definen como la energía en la que su carga realiza un trabajo en contra de su naturaleza en el campo eléctrico, así como un cuerpo adquiere energía potencial cuando va en contra del campo gravitacional. Además se evidenció que consideran que quien transporta la energía potencial eléctrica es la carga, la cual es entregada a un electrodoméstico, ya que este se la roba para poder funcionar. En últimas, es la energía la que hace funcionar las cosas. Definición que se dio en sus ideas previas, pero que ahora está más argumentada por ellos.

Como se quería dar a conocer cómo los estudiantes comprendían el mundo microscópico, ya que es de quien depende la corriente eléctrica, según las ideas previas que tenían acerca del átomo, se evidenció que eran muy básicas las ideas, ya que expresaron un núcleo de neutrón, electrón y protón, y su funcionamiento no se especificó. Ahora tienen un aprendizaje significativo del mundo microscópico y son conscientes que es el átomo el único portador de las cargas tanto positivas como negativas que generan la corriente eléctrica y son tema general de este concepto. Además describen el átomo según los números cuánticos, descripción que es aceptada en la actualidad por la comunidad científica.

Una vez aclarado los conceptos anteriores, se puede considerar que ahora los estudiantes tienen una concepción más clara de lo que es corriente eléctrica, pero antes de definir su comprensión actual de este concepto damos paso a lo que consideraron de resistencia y voltaje. Siendo así que sus ideas previas de resistencia era que dependían del material, definición que no se aleja de la actualidad, ya que ahora consideran que la resistencia depende del material, longitud del material y área transversal del material. Por otro lado, en ningún momento de sus ideas previas se mencionó qué es la resistencia, ya que no se hizo una pregunta para esto; sin embargo, los estudiantes actualmente consideran significativamente que la resistencia es lo que se opone al paso de la corriente, es

decir, es lo que se opone al flujo de cargas.

Para entender ahora el aprendizaje que tuvieron acerca del voltaje, basta con conocer las ideas previas que tuvieron al respecto basado en el funcionamiento de una pila, por ejemplo dijeron que la pila sirve para almacenar energía positiva o negativa para así poder formar corriente y otros dicen, para dar potencia a la electricidad. Ahora ellos consideran significativamente que quien aporta para la formación de corriente eléctrica es la diferencia de potencial, que como ellos afirman es el trabajo por unidad de carga que realizan fuerzas eléctricas y mueven cargas del potencial mayor al potencial menor, es decir, ahora consideran que una pila por ejemplo, debe tener un potencial mayor y uno menor para poder hacer mover cargas y estas últimas son las que transportan la energía potencial eléctrica que es entregada al electrodoméstico (bombillo).

Ahora se podrá definir de manera más clara lo que aprendieron significativamente del concepto de corriente eléctrica teniendo en cuenta todos los conceptos significativos que traen los estudiantes mencionados anteriormente para poder comprenderlo mejor.

Según sus ideas previas más próximas a la realidad, consideraban que la corriente eléctrica es una energía utilizada para que ciertos productos eléctricos funcionen, o que la corriente eléctrica es una chispa de luz y depende del su fuerza y movimiento o incluso de los electrones y de unos buenos cables para que tenga un buen flujo. Ahora los estudiantes han construido un nuevo modelo mental más significativo y acorde con la ciencia, ya que ahora consideran la corriente eléctrica como el flujo de cargas que pasan en un conductor en un determinado tiempo. Esta corriente puede ser generada de tipo hidráulico, eólico, nuclear, solar y geológico. Además consideran que la corriente puede ser alterna o continua.

Por último aclaramos que el uso de analogías y metáforas puede ser significativo para los estudiantes, pero no en su mayoría, ya que un solo estudiante explicó este fenómeno mediante el análogo usado expresando en su esquema que la bomba de agua realiza un trabajo en un conductor que produce un flujo en determinado tiempo, donde su fórmula es  $I = dQ/dt$ , es decir que la corriente para él es el flujo de cargas, así como el flujo de agua, que pasa en

determinado tiempo y su ecuación corrobora esta relación de análogo y el concepto, además debe de saber que quien permite el flujo de agua es la energía que entrega la bomba de agua, así como la batería entrega la energía para el flujo de cargas. Cabe aclarar que en ningún momento se le pidió que trataran de usar los análogos al momento de realizar sus esquemas de mapas conceptuales o redes semánticas y este estudiante lo realizó de manera libre. Mostrando así un aprendizaje significativo de este concepto mediante el uso de esta estrategia didáctica, usando el nivel combinatorio propuesto por Ausubel (1976).

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El diseñar y aplicar la estrategia didáctica basada en analogías y metáforas, mediante el diseño de una guía didáctica facilitó la enseñanza del concepto de corriente eléctrica y contribuyó en el aprendizaje significativo de los estudiantes del grado 1103 de la institución educativa Técnico Superior de Neiva, a partir de nuevos modelos mentales que fueron construyendo durante cada clase y que se demostró a partir de mapas conceptuales y redes semánticas que realizaron los estudiantes sobre el concepto tratado.

Se diseñó un total de 20 analogías y metáforas que relacionan los conceptos que tienen estrecha relación con corriente eléctrica. Estas estrategias sirvieron para generar nuevos modelos mentales acordes con la teoría del concepto de corriente eléctrica.

Algunos estudiantes no encontraron las limitaciones y alcance de algunas analogías y metáforas, llegando a confundir el concepto trabajado, generando dificultades conceptuales.

El diseño de nuestras analogías y metáforas implicó la confusión, por parte de los estudiantes, entre carga – cuerpo y carga – energía. Además dificultades conceptuales de cómo funciona el átomo, cómo se define la fuerza eléctrica y la capacitancia, fueron las que se identificaron.

Se realizó una guía que permitió organizar y programar los contenidos, ya que articuló el concepto general con los conceptos específicos, así como lo propone la enseñanza expositiva. Esta guía comprendió tres momentos programados que fueron inicio, desarrollo y cierre y cada uno con propósitos, actividades y evaluaciones, de tal modo que ayudó a construir una clase con argumentos sólidos en la enseñanza-aprendizaje del concepto de corriente eléctrica.

A partir de la evaluación de mapas conceptuales y redes semánticas que construyeron los estudiantes sobre el concepto de corriente eléctrica se evidenció en unos pocos estudiantes un aprendizaje significativo de este concepto. En cambio en la mayoría de estudiantes no se evidenció lo mismo, ya que sus mapas y redes que construyeron fueron muy básicos conceptualmente por su falta de proposiciones coherentes y creemos que se debe por el poco tiempo que se usó para el entrenamiento de estas formas de enseñanza – aprendizaje.

La importancia del uso de analogías y metáforas para la enseñanza del concepto de corriente eléctrica, es que sirvieron como estrategias para explicar un fenómeno de alto nivel de abstracción y que es difícil de palpar por los estudiantes, generando aprendizajes significativos en ellos.

Consideramos que quienes deseen trabajar la enseñanza del concepto de corriente eléctrica en el aula de clases, mediante las analogías y metáforas que diseñamos deben de replantear y aclarar mejor las limitaciones de los conceptos que presentaron confusión y dificultades conceptuales.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Adúriz A. e Izquierdo M. (2002). *Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma*. Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias. Vol 1, No 3, p. 130-140.

Aguilar R, Arroyo A. (2008). La metáfora científica y los libros de texto. *Revista contactos*. Vol. 67, 52 – 56.

Ausubel, D. (1976). Psicología educativa. En *Un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas. México. p. 211-252

Campos. M (2009). Conceptos errados en circuitos eléctricos “dificultades”. *Revista ciencia Ahora*, vol. 24, 1 – 15.

Centeno E., Reneses J. y Sánchez J. (2007), analogías para comprender la electricidad, *Revista anales y mecánica de electricidad*, vol. 1, p 20 - 28

Díaz A. y Hernández G. (1998). Estrategias de enseñanza para la promoción de aprendizajes significativos. En *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. Una Interpretación constructivista. México, McGraw- Hill pp. 69-112.

Fernández J., Portela L., González B.M, Elórtegui N. (2001). *Las analogías en el aprendizaje de la física en secundaria*. Actas I Congreso Nacional de Didácticas Específicas, Granada, p 1901-1913.

Furió C. y Guisasola J. (1999) Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. En revista *Enseñanza de las ciencias*, 17 (3), p. 441- 452

Gil D. y Martínez A. (2009) el surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos, *Revista educación y pedagogía*, vol. 11, n° 25, 13 – 65.

González H. y otros. (2007). *Conservación de la energía e interacción radiación-materia*. Vicerrectora de Investigación y Proyección Social, Universidad Surcolombiana.

González H. y otros (2008). *El uso de analogías para fortalecer el pensamiento creativo*. Primer Encuentro Nacional de grupos de Investigación registrados y reconocidos por COLCIENCIAS en el área de Educación. Neiva

Hierrezuelo J. y Montero A. (1989), Cap.7 Circuitos eléctricos, en *La ciencia de los estudiantes su utilización en la didáctica de la física y química.*, México, Laia, S.A. Col. Fontamara. p. 165 - 191.

Linares R. e Izquierdo M. (2006). *El rescate de la princesa encerrada en lo más alto de la torre. Un episodio para aprender de analogías, metáforas y símiles*. El hombre y la máquina No 27; M.M Gordillo. Metáforas y simulaciones: Alternativas para la didáctica y la enseñanza de las Ciencias. Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias. Vol2, No 2. P. 24 – 37.

López J. (2011), *“La guerra de las corrientes” Edison contra Tesla*. Rescatado en marzo 16 del 2014 en <http://scientiablog.com/2011/03/25/la-guerra-de-las-corrientes-edison-contra-tesla/>

López R. (2001), *los procesos cognitivos en la enseñanza-aprendizaje, el caso de la psicología cognitiva y el aula escolar*, México.ed.Trillas, edición 1, p.128

Moreira. M y Rodríguez. M (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 37-57.

Nave C. (2010), *Analogías circuito D.C – Agua*. Rescatado el 09 de marzo del 2014, en <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/watcir.html>.

Novak J.D (1990). *Ayudar a los estudiantes a aprender como aprender. La opinión de un profesor-investigador*. Enseñanza de las Ciencias, vol. 9, p. 215-218.

Novak J.D. Gowin D.B. (1988). Mapas conceptuales para el aprendizaje significativo. En Novak J.D. y otros (1998). *Aprendiendo a aprender*. Editorial Martínez roca. Barcelona. p. 33-57.

Oliva J.M, Aragón M., Mate J. y Benat M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias, *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, vol. 19, (3), p. 453 – 470.

Oliva J.M (2003). *Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula*. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias. Vol2, No 1. p. 31 - 44

Pérez P. (2013), El rincón de la ciencia; *revista electrónica de divulgación del I.E.S. Victoria Kent*, actualizada en marzo de 2013; <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/pregunta/p-19/p-19.htm>.

Pozo J. y Gómez M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, editorial Morata. p. 263 - 320

Pro A. (2003), La enseñanza y el aprendizaje de la física. En: Jiménez M., Caamaño A., Oñorbe A., Pedrinaci E. y Pro A. (2000) *Enseñar ciencias*; editorial Graó. p. 175 – 202.

Russell R. (2009) *Circuitos eléctricos: analogía de agua en tubería*. Rescatado en diciembre 31 de 2013 en [http://www.windows2universe.org/physical\\_science/physics/electricity/circuit\\_analogy\\_water\\_pipes.html&lang=sp](http://www.windows2universe.org/physical_science/physics/electricity/circuit_analogy_water_pipes.html&lang=sp)

Restrepo D. (2013) *Mapa conceptual física electrónica*. Rescatado en octubre 09 de 2013, en <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1GGY4VW4W-164NLQY-FR0/MAPA%20CONCEPTUAL%20FISICA%20ELECTRONICA.cmap>

Tippens P. (2007), *Física, conceptos y aplicaciones*, Editorial McGRAW-HILL, México, quinta edición; 981 pag.

Young H. y Freedman R. (2009), *física universitaria con física moderna*, Editorial Pearson Educación, México; Volumen 2, decimosegunda edición; 896 pag

Zamorano R., Gibbs H., Viau J. y Moro L. (2006a) Formación de profesores: estrategias de modelado didáctico en la enseñanza de las ciencias experimentales. En: *Revista ieRed*: 1 (4), p 1-12

Zamorano R., Gibbs H. y Viau J. (2006b), Modelado analógico en la enseñanza de circuitos de corriente continua. En *Journal Of Sciece Education*, 7 (1), p 30-33.

## 11. ANEXOS

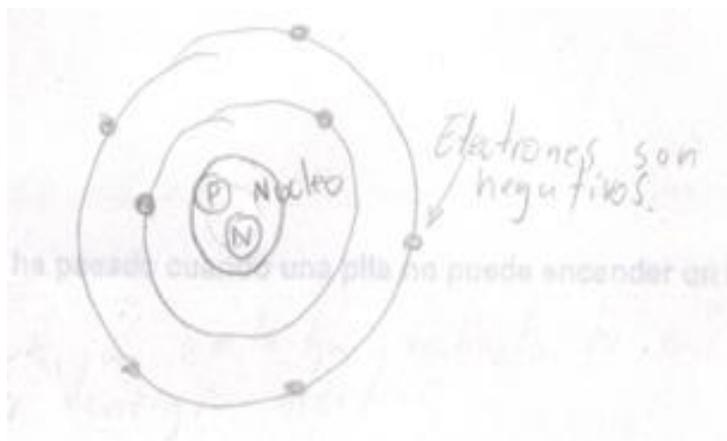
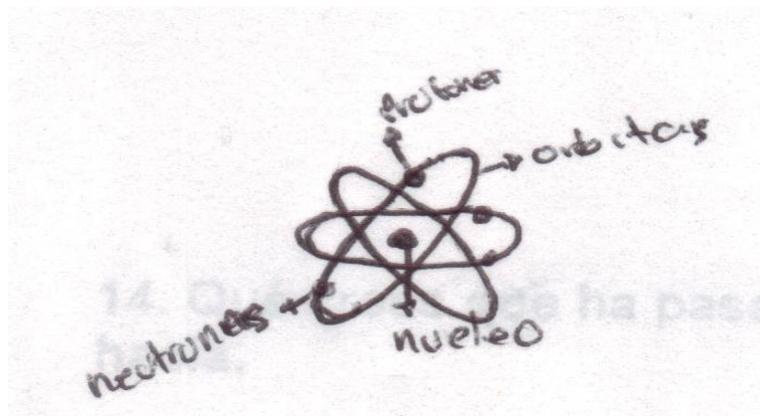
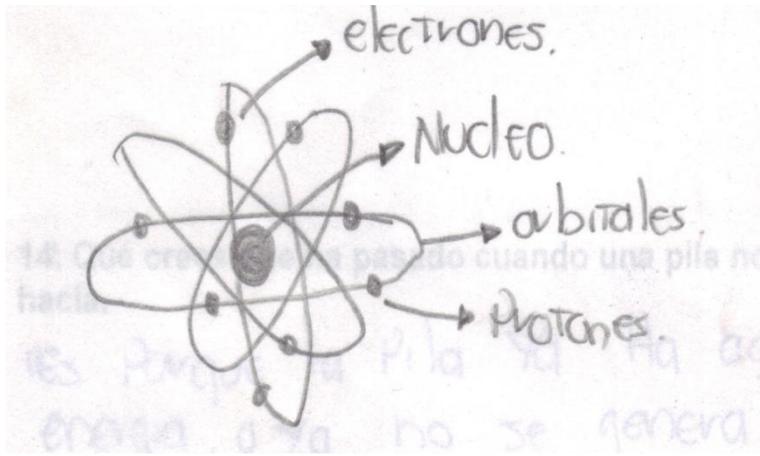
### 11.1. Anexo 1: TEST DE IDEAS PREVIAS



#### INSTITUCION EDUCATIVA TÉCNICO SUPERIOR

1. ¿Qué puedes decir físicamente de la ecuación del trabajo:  $W = F \cdot x$ , donde  $F$  es la fuerza y  $x$  es la distancia?
2. ¿Qué es la energía para usted y qué relación tiene con el trabajo?
3. ¿Qué entiende usted por energía potencial gravitacional y cómo la puedes percibir?
4. Dibuja cómo es la estructura atómica y señala con sus respectivos nombres todas sus partes; además describe cómo funciona esta estructura.
5. ¿Qué procesos crees que se llevan a cabo para transportar la corriente eléctrica hasta tu colegio?
6. ¿Qué cree usted que es y de qué depende la corriente eléctrica?
7. ¿Qué crees que se necesita para que haya un flujo de corriente eléctrica?
8. ¿Cree usted que distintos materiales como la madera, el metal, el caucho, entre otros, oponen diferentes resistencias al paso de la corriente eléctrica? Justifique su respuesta.
9. ¿Para qué crees que sirve una pila o batería?
10. ¿Qué crees que ha pasado cuando una pila no puede encender un bombillo cuando antes lo hacía?
11. ¿Qué quisieras saber sobre corriente eléctrica?

11.1.1. ANEXO 1.1: Representación de la estructura atómica de los estudiantes.



## 11.2. ANEXO 2: LECTURA SOBRE LA HISTORIA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA COMERCIAL

### “La Guerra de las Corrientes”...Edison contra Tesla (López, 2011)

*Electrocuciones* de elefantes, caballos, perros e incluso de personas. Todo valía en la denominada “Guerra de las Corrientes”.

Hoy presentamos en *Scientia* una de las luchas más feroces que han ocurrido en la historia de la ciencia: Edison contra Tesla...la era de la energía eléctrica.

Thomas Alva Edison

Cuando se nos habla de electricidad a todos se nos viene a la cabeza el nombre de *Edison* y prácticamente a nadie el de *Tesla*...pues atentos a lo que vamos a contar en el primer capítulo de la serie “*El lado oscuro de la Ciencia*”.

La introducción de la electricidad para el uso doméstico fue llevada a cabo a principios de la década de 1880 por el famoso inventor y empresario *Thomas Alva Edison*. Mediante pequeñas centrales eléctricas iluminaba calles y hogares de pequeñas zonas de Nueva York. Sin embargo, la gran fortuna que *Edison* generó mediante el uso de la corriente continua empezó a tambalearse en 1888 cuando comenzó a desarrollarse una tecnología muy superior basada en la corriente alterna.

*Edison* no se quedó con los brazos cruzados y lanzó una de las campañas más violentas que se recuerdan para desprestigiar a su rival, el serbio *Nikola Tesla*.

Curiosamente, este inventor serbio, un tipo excéntrico donde los haya, llegó a Estados Unidos en 1884 con 28 años después de trabajar en compañías eléctricas y telefónicas europeas para *trabajar junto a Edison*.

Tesla llegaba con una carta de recomendación del gran inventor *Chales Batchelor* que decía: “*Querido Edison: conozco a dos grandes hombres y usted es uno de ellos. El otro es este joven*”...y esto a Edison ya empezó a no gustarle.

Sus ideas eran brillantes pero necesitaba el apoyo de *Edison* para llevar a cabo el desarrollo de la *corriente alterna*. *Edison* vio claramente el futuro de esta nueva tecnología pero había invertido tanto dinero en el desarrollo de la *corriente continua* que se negaba a darle la razón a *Tesla*.

Después de casi un año en el que *Tesla* proporcionó patentes a *Edison*, este último decide no pagarle los 50.000 dólares prometidos al principio alegando que se trataba de una broma y diciéndole, literalmente: “*Cuando llegues a ser un norteamericano cabal, estarás en condiciones de apreciar una buena broma yanqui*”...Es más, también se negó a subirle el sueldo a 25 dólares semana ...y despertó a la fiera balcánica.

*Tesla* continuó con sus revolucionarias ideas para desarrollar la corriente alterna que le permitían no solo transmitir la electricidad a tensiones muy elevadas y a mayor distancia, sino con una *eficacia muy superior* y empleando hilos más finos que los que usaba *Edison* con su corriente continua. Además, al tender cables más finos se necesitaba menos cobre y menos estaciones por lo que la corriente alterna era mucho *más económica*.

Rápidamente *Tesla* vendió sus patentes al inventor y empresario George Westinghouse, que comenzó a vender la corriente alterna de forma tan agresiva que el “bueno” de *Edison* vio como su imperio se desmoronaba inició el contraataque...y de qué forma.

La peligrosa instalación de algunas líneas llevó a que ocurrieran algunos desgraciados accidentes. Esto lo aprovechó *Edison* que, con un gran dominio de las técnicas de *marketing y manipulación*, confundió a la opinión pública que desconocía los principios fundamentales de la “nueva electricidad”. Titulares

periodísticos como “*Nuevo cadáver en los cables*” alarmaron a la población...y apareció el cuarto implicado en esta historia.

Harold Brown, antiguo trabajador de *Edison*, puso en marcha un horripilante programa de experimentos y demostraciones para apoyar la corriente continua de Edison y desprestigiar las ideas de Tesla...*atentos*.

En primer lugar electrocutó a diversos perros con corriente continua demostrando que sobrevivían a tal disparate...y luego hizo lo mismo con corriente alterna...hasta matarlos.

Como el susodicho no estaba contento con los resultados obtenidos dio un siguiente paso. Torturó un *perro de Terranova* con leves chispazos de corriente continua y luego lo remató con corriente alterna...sí, lo que han leído.

Pero *Harold Brown* fue más allá. Electrocutaba caballos, terneros, todo le valía para echar por tierra las ideas de *Tesla*...o mejor dicho, para asegurar la fortuna de *Edison*...y la suya.

Y llegó una de los momentos más negros en la historia de la ciencia. El 6 de agosto de 1890, *Brown* empleó una silla eléctrica, que hacía uso de un generador *Westinghouse* que había adquirido ilegalmente, para ejecutar al asesino William Kemmler. En un espectáculo terrible se necesitaron dos intentos para darle muerte. De esta forma *Brown* volvía a presentar la corriente alterna como un peligro para la sociedad.

Aunque no se lo crean, aun hay más. En 1903 la “*Guerra de las Corrientes*” se cobró su última víctima; Topsy, una elefanta de mal carácter que había matado a dos cuidadores en Texas y a otro en Brooklyn cuando intentaba introducirle un cigarrillo en la boca...En pleno delirio *Edison* se mostró voluntario para sacrificar a *Topsy* empleando la corriente alterna.

Le dio a comer a la elefanta medio kilo de *zanahorias cargadas de cianuro*, le rodeó las patas de cobre y le sacudió una descarga de 6.6000 voltios. No se oyó ningún ruido. *Topsy* cayó sin pronunciar ni un lamento...y el “bueno” de *Edison*, para mostrar al mundo la efectividad de su método...lo rodó en un vídeo y se lo enseñó a todo el país.

Pero todos estos terribles ensayos para demostrar la inoperancia de las teorías de *Tesla* fueron inútiles...la corriente alterna era muy superior a la continua en todos sus aspectos...y el combate tuvo un claro vencedor.

En 1893 se inauguraba la Feria Mundial de Chicago. Las empresas que quisieran hacerse cargo de la iluminación tenían que presentar sus propuestas. Se presentaron dos grandes candidatas: *Westinghouse*, con las tecnologías inventadas por *Tesla*, y *General Electric*, recién creada compañía que controlaba las patentes de *Edison*...no hubo color.

Cuando *Westinghouse* presentó un presupuesto por la mitad de lo que pedía *General Electric* la obra le fue adjudicada, y *Tesla* pudo exhibir sus generadores, dínamos y motores.

El 1 de Mayo de 1893, el presidente estadounidense Stephen Grover Cleveland encendió 100.000 bombillas alimentadas básicamente con corriente alterna.

*General Electric* admitió la derrota y en 1896 solicitó la licencia de la patentes de *Westinghouse*...sobran los comentarios...las ideas de *Tesla* habían triunfado...la “*Guerra de las Corrientes*” tenía un claro ganador.

Más tarde, cuando se trató de construir la central del Niágara, la guerra de las corrientes pareció recrudecer, pero el contrato volvió a ser para *Westinghouse* en cuanto una autoridad científica como *Lord Kelvin* optó por la tecnología de *Tesla*.

Según distintas fuentes, en 1912 hubo intención de otorgar conjuntamente, un Premio Nobel a Thomas Alva Edison, y a Nikola Tesla. *Tesla* se negó a ser asociado con *Edison* en el premio, y en vez de a ellos, el Nobel de Física fue concebido a un inventor sueco de menor medida.

A Tesla se le recuerda hoy en día por sus teorías de la investigación e ideas extravagantes. Tras vender sus patentes sobre la corriente alterna a *Westinghouse* y ayudar a la empresa a construir su infraestructura, Tesla se centró en investigar el extraño mundo de la electricidad de altas tensiones.

Llegó a dominar tanto la nueva tecnología que logró pasar grandes corrientes por su cuerpo sin efectos secundarios dando lugar a efectos espectaculares que le granjearon la fama de “Mago de la electricidad”.

Tesla en su laboratorio

La desgracia de *Tesla* tuvo un último episodio. En los siguientes años de su trayectoria científica, el científico europeo se dedicó a investigar con las ondas de radio y las altas frecuencias... En esos años eran varios los investigadores que intentaban controlar esas ondas de radio que había descubierto *Hertz*, desde el ruso *Alexander Popov* hasta el italiano *Guglielmo Marconi*.

Fue este último quien en 1901 logró transmitir una señal a través del Canal de la Mancha utilizando para “su invento” 17 patentes de Tesla...y en 1911 la Academia sueca le dio el Premio Nobel a... ¡¡Marconi!!.

A pesar de que en 1943 la *corte suprema de los EEUU* reconoció el *descubrimiento a Tesla*, Marconi pasa a la historia como el gran inventor de la radio...y con un Premio Nobel en su poder...

Marconi

Debido a su personalidad excéntrica y a sus afirmaciones aparentemente increíbles y algunas veces inverosímiles, acerca del posible desarrollo de

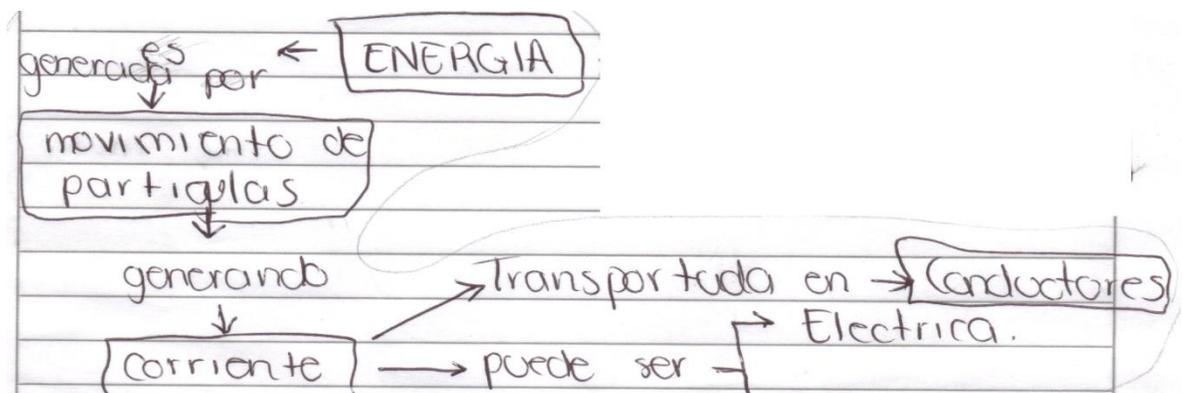
innovaciones científicas y tecnológicas, *Tesla fue finalmente relegado al ostracismo y considerado un científico loco.*

En 1943 *Tesla* murió empobrecido y hasta después de fallecer la polémica le persiguió. Su legado científico fue requisado por el *gobierno estadounidense* y muchos de sus papeles están clasificados como secretos... ¡¡qué grande Nikola Tesla!!.

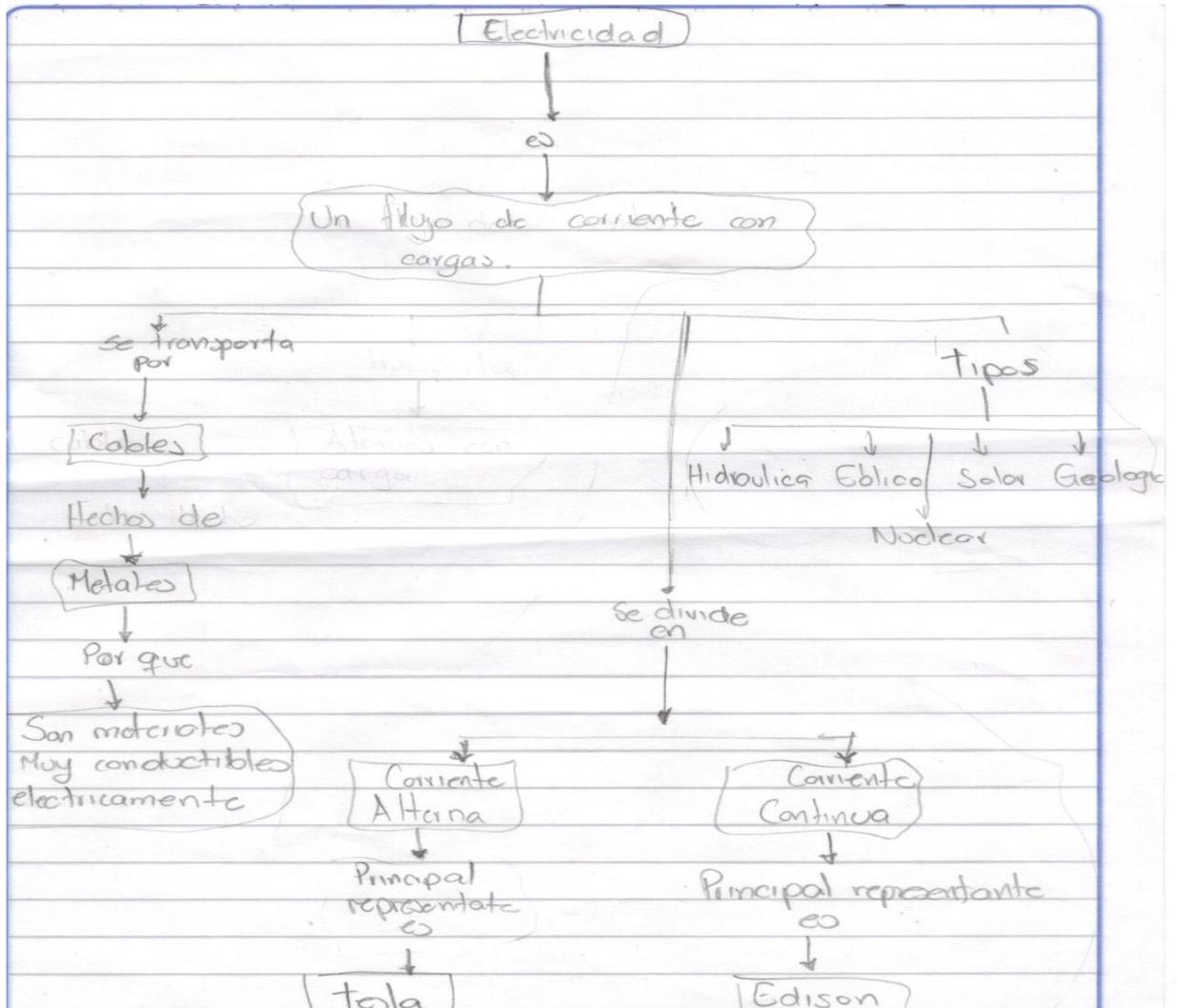
Una última reflexión personal. El aprovecharse del *desconocimiento de la gente ante las nuevas tecnologías* y, por tanto, de sus miedos y temores, para conseguir objetivos personales es un hecho que se repite constantemente a lo largo de la historia. Sin embargo, y como repetía noche tras noche el mítico periodista deportivo José María García... *“El tiempo es el único juez insobornable que da y quita razones y, al final, pone a cada uno en su sitio”.*

### 11.3. ANEXO 3: MAPAS CONCEPTUALES Y REDES SEMÁNTICAS DEL CONCEPTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA

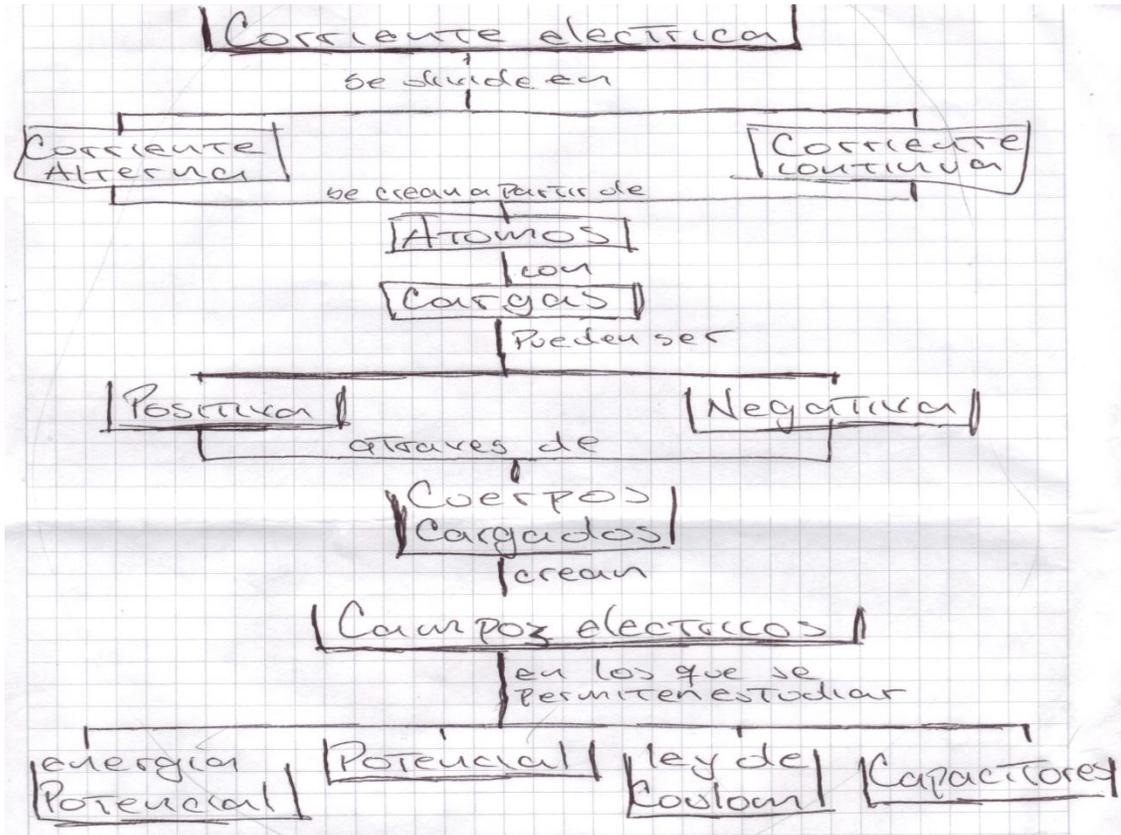
#### 11.3.1. Anexo 3.1: Mapa conceptual del estudiante 1.



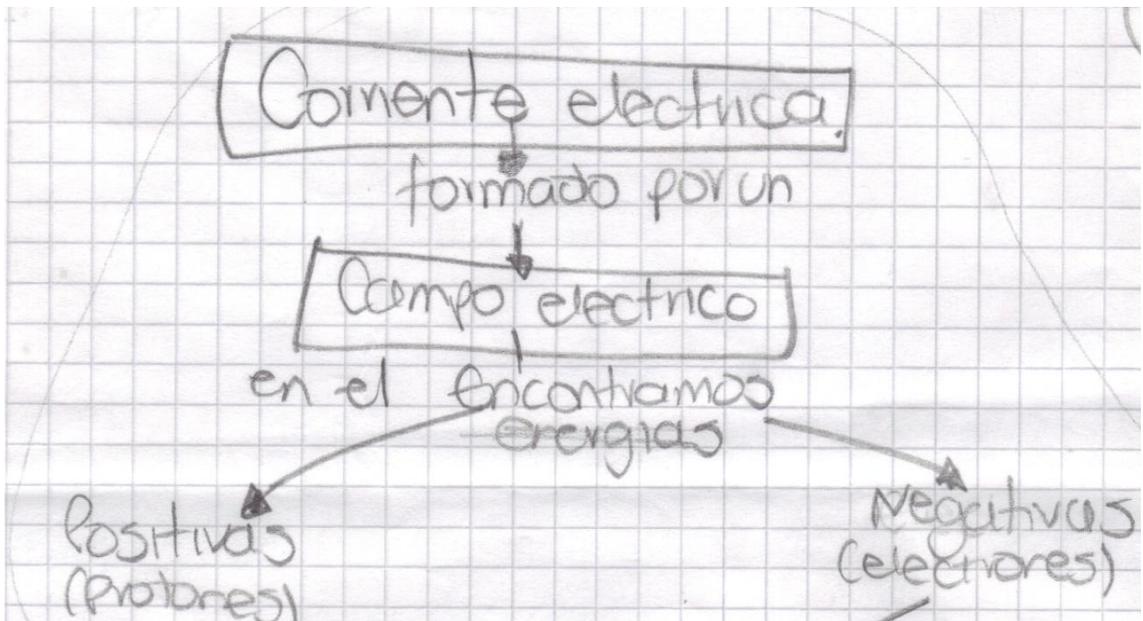
11.3.2. Anexo 3.2: Mapa conceptual del estudiante 2.



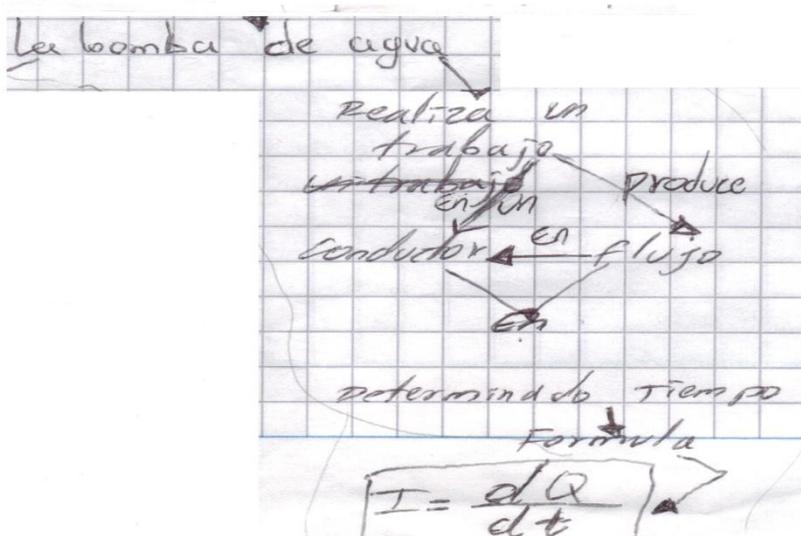
11.3.3. Anexo 3.3: Mapa conceptual del estudiante 3.



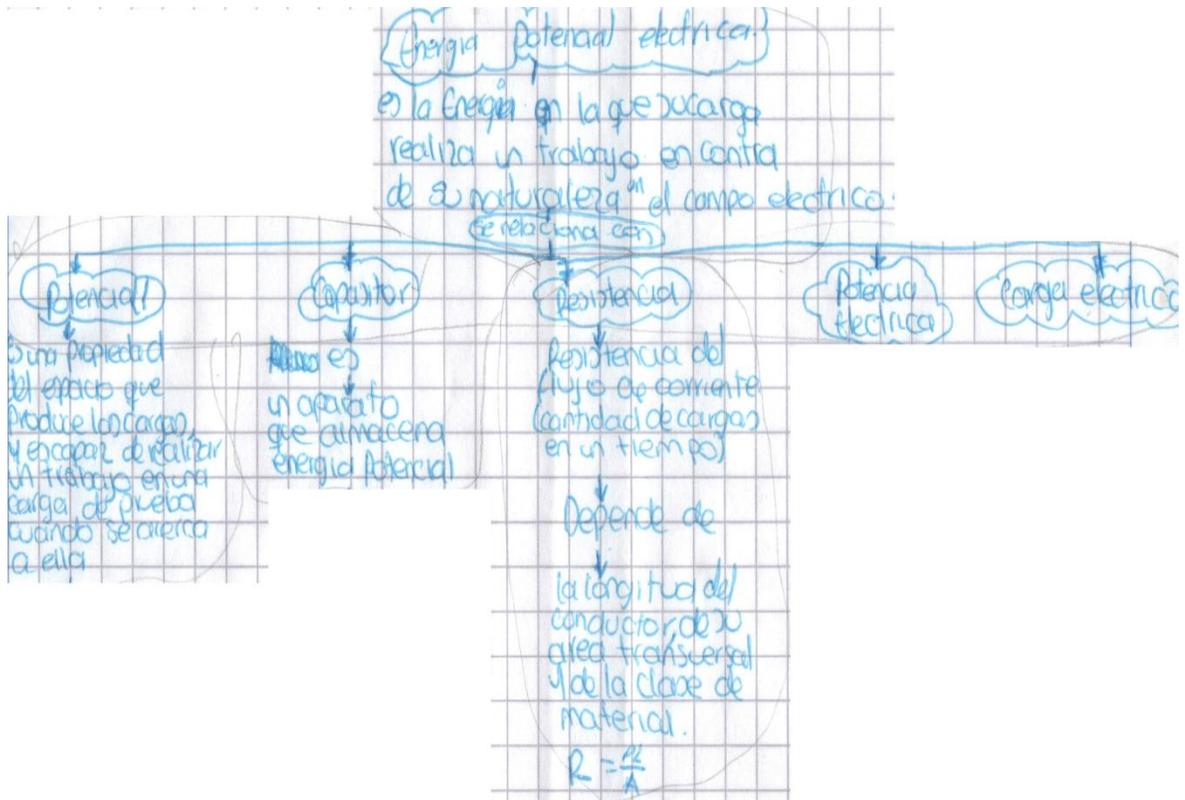
11.3.4. Anexo 3.4: Mapa conceptual del estudiante 4.



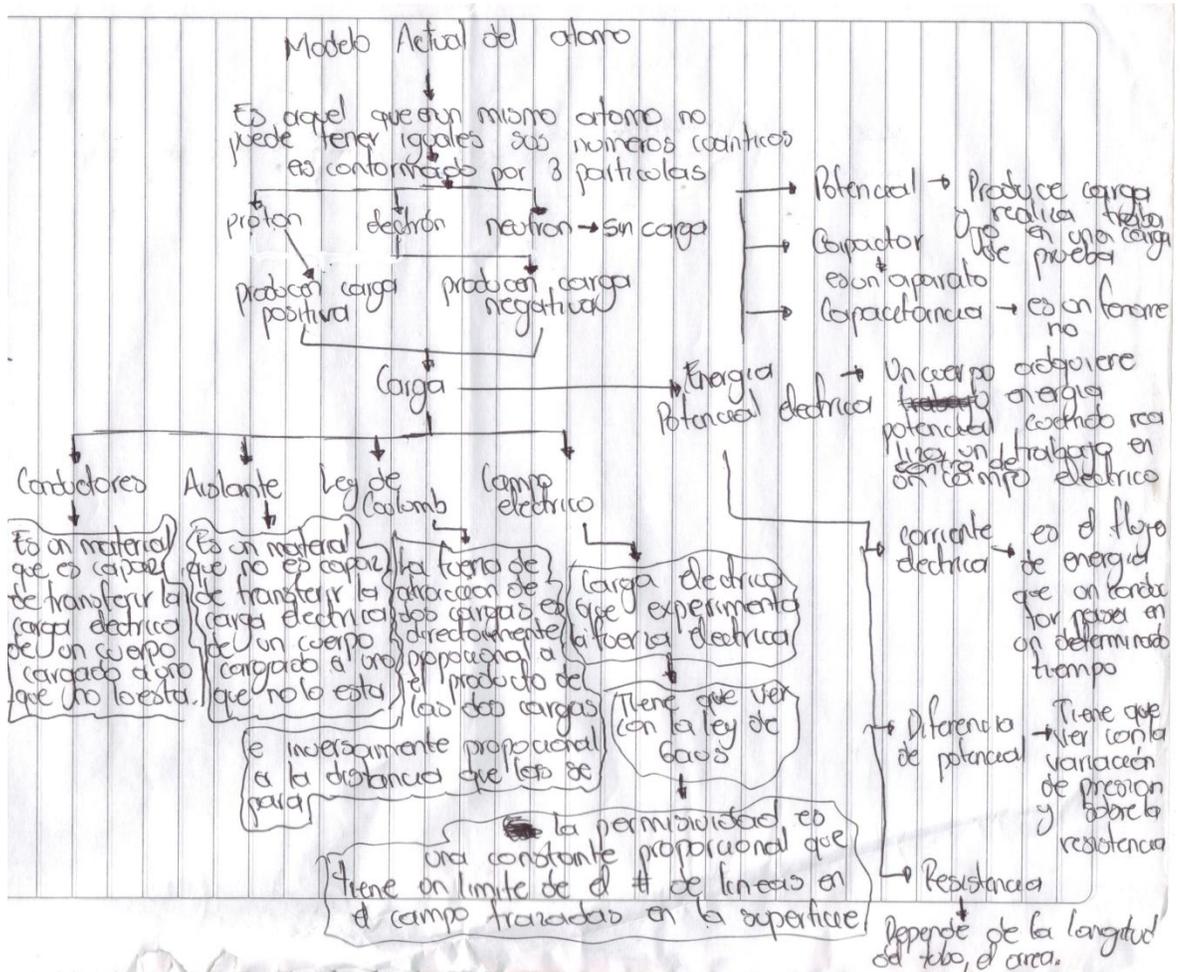
### 11.3.5. Anexo 3.5: Red semántica del estudiante 5



### 11.3.6. Anexo 3.6: Mapa conceptual del estudiante 6.



### 11.3.7. Anexo 3.7: Mapa conceptual del estudiante 7



11.3.8. Anexo 3.8: Red semántica del estudiante 8

