



Instituto Politécnico Nacional

Secretaría de Investigación y Posgrado



Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

Unidad Legaria

Posgrado en Física Educativa

T E S I S

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA ACTIVA
COMPLEMENTADA CON TIC PARA ENSEÑANZA DE
CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN NIVEL BACHILLERATO**

Que para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Física Educativa

Presenta:

Lic. Diana Berenice López Tavares

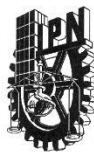
Directores de Tesis:

Dr. Ricardo García Salcedo

Dr. Daniel Sánchez Guzmán

Enero, 2014

Acta de revision de Tesis



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14-BIS

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de MÉXICO D. F. siendo las 14:00 horas del día 13 del mes de ENERO del 2015 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICATA LEGARIA para examinar la tesis titulada:
IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA ACTIVA COMPLEMENTADA CON TIC PARA ENSEÑANZA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN NIVEL BACHILLERATO

Presentada por la alumna:

LÓPEZ
Apellido paterno

TAVARES
Apellido materno

DIANA BERENICE
Nombre(s)

Con registro:

A	1	3	0	7	1	9
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FÍSICA EDUCATIVA

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

DR. RICARDO GARCÍA SALCEDO

DR. DANIEL SÁNCHEZ GUZMÁN

DR. CÉSAR EDUARDO MORA LEY

DR. RUBÉN SÁNCHEZ SÁNCHEZ

DR. MARIO HÚMBERTO RAMÍREZ DÍAZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. JOSÉ ANTONIO CALDERÓN ARENAS



CICATA - I.P.N. U. LEGARIA
Centro de Investigación en Ciencia
Aplicada y Tecnología Avanzada
del Instituto Politécnico Nacional

Carta de sesion de derechos



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 9 del mes de Enero del año 2015, la que suscribe Diana Berenice López Tavares alumna del Programa de Maestría en Ciencias en Física Educativa, con número de registro A130719, adscrita al CICATA-LEGARIA, manifiesto que soy el autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de los directores Dr. Ricardo García Salcedo y Dr. Daniel Sánchez Guzmán y cedo los derechos del trabajo titulado IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA ACTIVA COMPLEMENTADA CON TIC PARA ENSEÑANZA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN NIVEL BACHILLERATO, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del (de la) autor(a) y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes dianab_lopez@hotmail.com, dsanchez@ipn.mx, rigarcias@ipn.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Diana Berenice López Tavares
Nombre y firma de la alumna

Resumen

El aprendizaje activo en física ha demostrado ser una metodología eficiente. Con todas las herramientas que ofrece el aprendizaje activo ahora la pregunta es ¿Qué herramientas son más efectivas para abordar circuitos eléctricos en la preparatoria? Para responder esta pregunta comparamos dos metodologías activas que involucran una secuencia didáctica similar, pero diferentes herramientas, como simulaciones interactivas PhET, experimentos tanto demostrativos como llevados a cabo por los alumnos y tutores inteligentes. Calculamos que grupo tiene una mayor ganancia conceptual de los cuatro participantes y en que conceptos de electricidad usando un pre y post test. La resolución de problemas también se evaluó, y para ello se compararon los procedimientos de resolución, errores y resultados hechos por los alumnos que usaron tutores inteligentes con los que no. Los resultados de la ganancia conceptual muestran que la ganancia en todos los grupos es similar (alrededor de 0.4 acorde a la ecuación de ganancia conceptual de Hake). Este resultado puede sugerir que ambas herramientas tienen la misma eficiencia, y que estas pueden ser combinadas para lograr mejores resultados, pues hay conceptos con mejor ganancia usando simulaciones, como el comportamiento de la intensidad de corriente y el voltaje en circuitos en serie. Por otro lado, conceptos como las características de la intensidad luminosa en focos conectados de forma mixta obtuvieron mejores resultados para la secuencia que incluía experimentos. Una ventaja que tienen las simulaciones es su bajo costo y el tiempo de inversión para la planeación de las actividades fue menor. El análisis de los resultados de la resolución de problemas aún está en proceso.

Palabras clave: Aprendizaje de circuitos eléctricos, estudiantes de bachillerato, tutores inteligentes, aprendizaje activo de Física, simulaciones interactivas

Abstract

The active learning in Physics has demonstrated to be a good set of methodologies. Now the question is which active tools are more effective in the "electric circuits" topic? In this research we try to answer this question with a comparison of two active methodologies that use different tools: PhET interactive simulations, different kind of experiments and intelligent tutors. For the conceptual comparison, we calculated which group has a higher conceptual gain and in which concept or concepts using a pre-test and post-test with the principal concepts involved. For the problem solving ability, we compare the problem solving proses, errors and results of the students that use tutors with the students that didn't. The results show that bout groups have almost the same conceptual gain (around 0.4 according with Hake's conceptual gain equation) in most of the concepts. The results could means that bout tools have the same efficiency, and these can be combined for best results, because the analysis question to question shows that experiments group has higher conceptual gain in the questions that ask about the behavior of the light intensity in spotlight mixed connections. Simulations group has higher conceptual gain in questions about the behavior of electric current and voltage in series circuit. For that, a combination of the two teacher sequences can help with most of the conceptual objective. The importance about interactive simulations is that it is cheaper and request less planning time that demonstrative experiments. Problem solving analysis is in proces.

Keywords: Electric circuits learnign, high-school students, intelligent tutoring system, Physics active learning, interactive learning simulations.

Agradecimientos

Agradezco a mis asesores de tesis, el Dr. Daniel Sánchez Guzmán y el Dr. Ricardo García Salcedo por todo su apoyo en la elaboración de este trabajo de tesis y en general por su ayuda durante toda la maestría.

A todos los investigadores del área de Física Educativa del CICATA Legaria, por todas las enseñanzas en estos dos años, su apoyo y dedicación. En especial al Dr. Mario Humberto Ramírez Díaz y el Dr. César Eduardo Mora Ley.

A mis compañeros de la maestría, con los que compartí, muchas experiencias.

A mi familia por su soporte, en especial a Mayra, mi hermana, por ser mi mini secretaria que me ayudaba a organizar y capturar.

A mis amigos y en especial a Enrique, que siempre me levanto los ánimos y oriento cuando me sentía pérdida.

Agradezco a la Universidad de La Salle Bajío Campus Américas quien creyó en mí para llevar a cabo todas mis ideas en la materia de física y aplicar las secuencias didácticas de este proyecto. En especial a los coordinadores y los directores.

Agradezco a los grupos 411, 412, 413 y 421 del semestre Ene-Jun 2014, quienes participaron como grupos experimentales en esta investigación, apoyándome realizando las actividades y dándome ideas para dar vida a este trabajo de tesis.

Dedicatorias

Dedico este trabajo a Lety, mi mamá,
Quien me heredo estas ganas de seguir aprendiendo y preparándome.

A Ildefonso, mi papá
Quien me heredo estas ganas de seguir luchando y nunca rendirme.

Contenido

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Objetivo General de Investigación	3
1.1.1 Objetivos Específicos	3
1.2 Motivación y justificación	3
1.3 Preguntas de investigación	5
1.3 Hipótesis de Investigación	5
Capítulo 2. Antecedentes y Marco Teórico	9
2.1. El Constructivismo y el Aprendizaje Activo de la Física	9
2.1.1 Aprendizaje Activo de la Física	12
2.2. Simulaciones Interactivas	14
2.2.1 Simulaciones PhET	20
2.3. Tutores Inteligentes y Teoría ACT-R	26
2.3.1 CTAT (Cognitive Tutor Authoring Tool)	28
Capítulo 3. Metodología	30
3.1. Descripción de los Grupos de Trabajo	30
3.2. Diseño de Secuencias Didácticas y su Implementación en el Aula	31
3.2.1 Secuencia Didáctica Basada en Experimentos.	32
3.2.2 Secuencia didáctica basada en simulaciones interactivas.	37
3.3. Resolución de problemas: Tutores inteligentes	42
3.4. Instrumentos de Evaluación	46
3.4.1 Pre-test, post-test y test de retención	47
3.4.2 Factor de Concentración	48
3.4.3 Evaluación de resolución de ejercicios.	51
3.4.4 Diferencial semántico.	51
Capítulo 4 Análisis de Resultados	53
4.1 Análisis de la ganancia conceptual normalizada de pre-test, post-test y el test de retención	53

4.1.1 ganancia conceptual normalizada usando pre-test y post-test	54
4.1.2 ganancia conceptual normalizada usando pre-test, post-test y test de retención	74
4.2 Factor de Concentración.	75
4.3 Análisis de la respuesta actitudinal de los estudiantes hacia las herramientas didácticas (Diferencial semántico)	77
4.3.1 Experimentos demostrativos	78
4.3.2 Simulaciones interactivas.	80
4.3.3 Tutores Inteligentes	81
Conclusiones	83
Referencias	86
Anexos	89

Capítulo 1. Introducción

Las clases tradicionales, en las cuales la dinámica de la enseñanza está centrada en el docente, no logran desarrollar las habilidades de índole científico que los estudiantes requieren en su camino profesional, ni una comprensión adecuada de los conceptos. Los proyectos educativos que se están desarrollando actualmente proponen al estudiante como una agente activo en el proceso educativo y el principal responsable de su propio aprendizaje, es decir, requieren de una dinámica en la clase centrada en el propio estudiante y no en el docente. En el caso de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias se asume que lo esencial no es proporcionar a los estudiantes conocimientos absolutos, sino propiciar situaciones de aprendizaje en las que ellos sean capaces de contrastar y analizar diversos modelos, además de promover y cambiar ciertas actitudes, como la valoración de la ciencia, el cuidado del medio ambiente y de sí mismo, el autoaprendizaje, entre otros (Alzagary, Carreri y Marino, 2010), y el aprendizaje activo corresponde con esta descripción (Meltzar y Thomton, 2011).

El aprendizaje activo es una metodología de cómo aprenden las personas, que sugiere que lo hacen en situaciones naturales donde realizan investigaciones de manera activa sobre el mundo que los rodea (Schewartz y Pollishuke, 1998).

Experimentar, interactuar, reflexionar y comunicarse con los demás, son elementos del aprendizaje activo y están interrelacionados (Schewartz y Pollishuke, 1998).

Se han realizado muchas investigaciones que comparan metodologías activas con tradicionales. En esas investigaciones evalúan y comparan el entendimiento de conceptos físicos (de los temas de mecánica, electricidad y óptica) en estudiantes universitarios y pre-universitarios usando un inventario de conceptos (Michael, 2006). Los resultados han mostrado que las metodologías activas superan a las tradicionales no solo en conceptos, sino también en las habilidades de resolución de problemas (Meltzar y Thomton, 2011).

La gran diferencia entre los métodos tradicionales y el aprendizaje activo es el gran énfasis que hace este último en la variedad de actividades que el estudiante puede

realizar en el aula para lograr los objetivos de aprendizaje. En algunas ocasiones los estudiantes no interactúan directamente con el mundo, sino a través de videos o computadoras. La simple observación de experimentos sin usar tecnología también es considerada activa (Schewartz y Pollishuke, 1998). De toda la gama de posibilidades y herramientas que pueden ser empleadas en el aula ¿Cuál de ellas facilita el aprendizaje conceptual y la resolución de ejercicios de circuitos eléctricos a nivel pre-universitario?

Hoy en día, con el desarrollo tecnológico que se acelera día a día, la enseñanza de la ciencia puede ayudar a preparar a los estudiantes para el uso consiente y responsable de estas herramientas, y como instrumento didáctico, permite el acceso a simulaciones interactivas y tutores inteligentes durante las clases.

Las simulaciones interactivas son programas informáticos diseñados con el propósito de comprender o predecir el funcionamiento de un sistema dinámico real, representado por un determinado modelo, mediante la experimentación en entornos virtuales (Giacosa y Giorgi, 2009).

Las ventajas que ofrece el uso de simulaciones son variadas, entre ellas se encuentran (Giacosa y Giorgi, 2009):

- Acepta aportaciones de los usuarios y presenta los resultados en gráficos o tablas.
- Permite observar el fenómeno desde diferentes puntos de vista y presentar situaciones que la experimentación no permite.
- Ayuda a dotar de significado a las expresiones matemáticas y poder interpretar datos.
- Ayudan a identificar preconcepciones erróneas.

Se pueden realizar en internet, para que los estudiantes continúen con su experiencia en sus casas

Por otro lado, un tutor inteligente es un software que guía al usuario sobre un tema en particular, retroalimenta información y evalúa las habilidades adquiridas por el usuario para las que fue programado (Sánchez, 2009). Investigaciones previas han mostrado que los tutores inteligentes no solo ayudan a la adquisición de habilidades para la resolución de problemas en física, también ayudan a reafirmar los temas aprendidos y motivan al estudio de la física (Hernández, 2012)

En el contexto educativo de México, estas herramientas son poco usadas, y en algunos casos desconocida para los docentes, por lo que los pocos profesores que han cambiado de una enseñanza tradicional a una activa, hacen uso mayoritariamente de los experimentos demostrativos. Por ello, este trabajo de investigación consiste en la comparación del uso de experimentos demostrativos contra el uso de simuladores interactivos y tutores inteligentes, ambos casos inmersos en una metodología activa, para demostrar que estos dos últimos pueden igualar a la experimentación demostrativa en cuanto a ganancia conceptual y entendimiento del modelo matemático, e incluso consideramos que tiene ventajas tanto de planeación como organización de clase. También se propone comparar la habilidad de resolución de problemas de ambas secuencias y de su combinación usando tutores inteligentes y ejercicios en libro de textos.

.1.1 Objetivo General de Investigación

Una vez presentado lo anterior e identificando las oportunidades de desarrollo e investigación se propone el siguiente objetivo para este trabajo:

Diseñar, implementar y comparar dos secuencias didácticas para el aprendizaje de circuitos eléctricos a nivel preparatoria, usando tres herramientas activas diferentes: experimentos demostrativos, simulaciones interactivas y tutores inteligentes. Evaluar el impacto de las secuencias didácticas tanto de manera cuantitativa como cualitativa, utilizando las siguientes herramientas estadísticas: Ganancia Normalizada, Factor de Concentración y Diferencial Semántico.

1.1.1 Objetivos Específicos

1. Seleccionar las actividades experimentales a utilizar en la secuencia didáctica.
2. Seleccionar las simulaciones que se usarán en la secuencia didáctica.
3. Desarrollar ambas secuencias didáctica, teniendo cuidado que las actividades sean semejantes y solo cambien la herramienta.
4. Seleccionar y adaptar las herramientas de evaluación.
5. Aplicar las secuencia.
6. Analizar los resultados obtenidos.

1.2 Motivación y justificación

Todos los que estamos involucrados de una u otra forma dentro del área de física educativa tenemos la motivación de mejorar el aprendizaje de conceptos científicos y el

modelado matemático de los fenómenos, es decir, todos queremos que nuestros estudiantes aprendan física. La forma en la nos acercamos a este objetivo es diferente, debido a nuestros intereses, personalidades, vivencias e incluso herramientas disponibles. Consideramos que la tecnología no es un lujo en nuestra sociedad actual, es una necesidad. Creemos que las herramientas tecnológicas, como la computadora y el internet, tienen dos funciones dentro de la educación: uno es el enseñar a los estudiantes a usarlas responsablemente y no solo como un medio para estar en contacto y socializar o de sólo entretenimiento, y el otro es mejorar la enseñanza, aprendizaje de contenidos, en este caso de Física. Las herramientas tecnológicas deben usarse desde estas dos perspectivas siempre, y no solo enfocarse en una de ellas al planear una estrategia didáctica. Por ello, la propuesta metodológica proponemos en este trabajo de tesis involucra el uso de algunos software educativos con el fin de que los estudiantes vean en los sistemas de cómputo un medio para aprender, y que puedan seguir conociendo las herramientas propuestas desde sus hogares a través del internet, pues no están limitadas para circuitos eléctricos, sino también para otros temas de física y de otras áreas científicas como química, motivándolos al estudio y el autoaprendizaje, aprendiendo a usar las herramientas tecnológicas para su beneficio.

Otra razón que motiva esta investigación es desde la perspectiva docente. Cada vez más docentes cambian su dinámica tradicional de docencia por una activa. Pero en ocasiones, al tratar de buscar la herramienta adecuada para abordar cada tema, pueden encontrarse con un mar de información que puede llegar a confundirlos o frustrarlos. Además, encontrar la herramienta adecuada para un tema es solo uno de los pasos de la planeación docente, el diseño de toda la secuencia didáctica que realmente use el potencial de la herramienta puede llegar a ser la parte más difícil del quehacer docente. Por ello, aprovechamos este trabajo de investigación para desglosar en lo más posible la secuencia didáctica usada, así como los fundamentos teóricos de la misma, para mostrar que los experimentos demostrativos no son las únicas herramientas activas que existen, ya que se tienen otras que son comparables, en cuanto a cumplimiento de objetivos y forma de implementación.

1.3 Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación que este proyecto de investigación pretende responder son las siguientes:

- ¿Cuáles conceptos (Resistencia, Voltaje, Corriente, Circuitos conectados en serie, en paralelo y mixtos), se comprenden mejor por los estudiantes al usar simulaciones interactivas?
- ¿Cuáles conceptos (Resistencia, Voltaje, Corriente, Circuitos conectados en serie, en paralelo y mixtos), se comprenden mejor por los estudiantes al usar experimentos demostrativos?
- ¿Qué herramienta activa (simulaciones interactivas o experimentos demostrativos) ayuda más a una mejor comprensión conceptual de circuitos eléctricos a nivel preparatoria?
- ¿Qué herramienta activa (simulaciones interactivas o experimentos demostrativos) facilita el entendimiento del modelado matemático del fenómeno?
- ¿De qué forma los tutores inteligentes mejoran la habilidad de los estudiantes en la resolución de problemas de circuitos eléctricos?

1.4 Hipótesis de Investigación

Las hipótesis de cada una de las preguntas de investigación se enuncian como sigue:

- El emplear herramientas computacionales como las simulaciones, tiene un alto impacto para el aprendizaje de manera visual; de igual manera, las simulaciones se han empleado para visualizar fenómenos que no son fáciles de ver a simple vista (Esquembre, 2009). Por lo tanto, el uso de las simulaciones permitirán una mejor comprensión de todos los conceptos involucrados dentro del tópico de circuitos eléctricos.
- Los Experimentos Demostrativos han reportado un alto impacto en el aprendizaje de conceptos de Física, ya que permiten que los estudiantes interactúen con el fenómeno físico y permiten cuantificar los valores reales. La ventaja de los experimentos demostrativos refuerzan de manera positiva el aprendizaje de conceptos físicos (Orlaineta, 2011).
- Ambas metodologías tendrán coeficientes de ganancia conceptual normalizada altos y semejantes, mostrando que en general ambas herramientas activas son

eficaces, pero los conceptos que involucran los circuitos eléctricos como voltaje, corriente y resistencia eléctrica no tendrán el mismo nivel de entendimiento. Las simulaciones interactivas favorezcan la comprensión los conceptos de circuitos eléctricos debido a que:

- Se puede observar el fenómeno desde diferentes perspectivas
- Se permite un mayor número de experiencias en menor tiempo.
- El usuario puede manipular las variables dependientes de manera más controlada que en un experimento
- Se pueden visualizar elementos del fenómeno que no es posible a simple vista.
- Los estudiantes pueden continuar usándolo en casa, complementando la enseñanza.

- De acuerdo a Podolefsky, et al. (2014), las simulaciones interactivas ayudan al estudiante a entender los conceptos pero también a relacionarlos con su ecuación correspondiente, debido a que en las simulaciones interactivas se tiene una manipulación directa con las variables independientes y se observa un cambio en las dependientes. A pesar de que también se pueden manipular variables en los experimentos demostrativos y ver sus consecuencias, en las simulaciones se hace de manera más controlada y se permite una manipulación sobre los “límites” de la ecuación, por ejemplo, tener un cable con resistencia cero, conectar una cantidad grande de focos en paralelo, tener una fuente de voltaje muy grande, etc. que en experimentos demostrativos puede ser caro o peligroso.
- Los comentarios típicos de los estudiantes con dificultades en la resolución de problemas es que ellos requieren un mayor tiempo de asesoría con el docente para la identificación de datos en el ejercicio, selección de fórmulas, despejes, operaciones e incluso en la interpretación del resultado. Los tutores inteligentes guían a los alumnos que lo requieren específicamente en lo que ellos necesitan, mediante textos en la computadora al momento de resolver los ejercicios. Además de que los tutores inteligentes están programados para seguir un procedimiento de resolución eficaz, que ayudara a los alumnos que realizan pasos innecesarios y comenten errores durante el proceso de resolución. Por tanto, los tutores inteligentes no solo ayuda a alumnos que en un inicio no podían resolver los ejercicios, sino que también ayuda a hacer eficaces a los alumnos que saben realizar el ejercicios pero su procedimiento no era el más

adecuado. Y para los alumnos que no requieren instrucción extra para la resolución de ejercicios, no les proporcionara asesoramiento.

A continuación se describen los capítulos que componen la presente tesis:

Capítulo 1. Introducción. En esta parte se presenta una visión general del contenido de la tesis, se da un panorama del problema a tratar para posteriormente presentar la alternativa de solución e implementación, de igual manera se describe el contenido de los demás capítulos.

Capítulo 2. Antecedentes y Marco Teórico. Este capítulo inicia describiendo las teorías del aprendizaje que sustentan la investigación, siendo estas el Constructivismo como base del aprendizaje activo de la física y el Cognitivismo para el uso de software educativo como las simulaciones interactivas y los tutores inteligentes. A continuación se describen las implicaciones que ha tenido en la enseñanza de la física el uso de simuladores interactivos y tutores inteligentes y los resultados de las investigaciones de cada uno de ellos.

Capítulo 3. Metodología. En esta sección se describen las herramientas activas utilizadas, que son los experimentos demostrativos, las simulaciones y los tutores inteligentes. Además se detallan cada una de las secuencias didácticas usadas y el contexto de los grupos donde se implementaron, así como las herramientas de evaluación usadas, que consisten en test conceptuales, diferenciales semánticos y serie de ejercicios de circuitos.

Capítulo 4. Análisis de resultados. Aquí se presentan las tablas y graficas de resultados así como una descripción de cada una de ellas. Se inicia con un análisis por medio de la ganancia conceptual normalizada usando los pre-test, post-test y el test de retención de todos los grupos involucrados, primero de forma general y después una revisión pregunta a pregunta. Se sigue con el factor de concentración donde se aprecia la modificación del aprendizaje por parte de los alumnos contrastando los resultados del Pre-test y el Post-test. Enseguida se hace una interpretación de los resultados obtenidos de la resolución de los ejercicios hechos por los alumnos, ubicando errores, procedimientos de resolución y resultados correctos. Finalmente, se hace el análisis e interpretación de los resultados de los diferenciales semánticos para saber la opinión general de los alumnos sobre el uso de las diferentes herramientas.

Capítulo 5. Conclusiones. Las conclusiones generadas del trabajo desarrollado son presentadas, se da una breve reflexión personal del logro obtenido y se plantean nuevas preguntas de investigación, así como las tendencias.

Capítulo 2. Antecedentes y Marco Teórico

En el presente capítulo se hablara primero de la teoría del aprendizaje en el que se basa el trabajo de investigación, el Constructivismo. En esta teoría de cómo aprenden las personas sugiere que el estudiante no es un hoja en blanco cuando aborda un nuevo tema en el aula. El estudiante tiene ya un conocimiento previo que interacciona con el nuevo mediante una experiencia activa en el que el lenguaje y las interacciones sociales son importantes. En esta primer parte se hablará de la definición y características del constructivismo para después dar paso al Aprendizaje Activo de la Física (AAF), una metodología constructivista centrada en el estudiante. En esta metodología, el estudiante debe ser un agente activo en el proceso enseñanza-aprendizaje, y el docente un guía que facilite la construcción del conocimiento y oriente el proceso. En esta parte se hablará de la definición del aprendizaje activo de la física y sus principales aportaciones a la física educativa. En la siguiente sección se describe una herramienta activa novedosa en México, pero ya muy trabajada en otros países, los simuladores interactivos, se dará su definición y se mostrarán los resultados que se han obtenido en investigaciones previas, el diseño y la implementación. En este capítulo también se hablará de las seis simulaciones del proyecto Physics Education Technology Project (PhET) de la Universidad de Colorado que fueron usadas en esta investigación. Finalmente, se describirán los Tutores Inteligentes, su definición, sus implicaciones en la enseñanza de circuitos eléctricos y de la física en general, y los resultados que se han obtenido hasta el momento.

2.1. El Constructivismo y el Aprendizaje Activo de la Física

Muchos de los proyectos educativos que se están desarrollando actualmente se basan en teorías constructivistas, donde el estudiante deber ser un agente activo en el proceso educativo y el principal responsable de su propio aprendizaje. Todos estos enfoques coinciden en que la educación debe estar dirigida a ayudar a los estudiantes a aprender a aprender, de forma que se promueva la capacidad de gestionar sus propios aprendizajes,

adoptar una autonomía creciente en su carrera académica y disponer de herramientas intelectuales y sociales que les permitan un aprendizaje continuo a lo largo de su vida. En el caso de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias se asume que lo esencial no es proporcionar a los estudiantes conocimientos absolutos, sino propiciar situaciones de aprendizaje en las que ellos sean capaces de contrastar y analizar diversos modelos, además de promover y cambiar ciertas actitudes (Alzagary y Carreri, 2010).

El constructivismo, en primer lugar, es una propuesta para entender la naturaleza y el desarrollo del conocimiento, ya que de manera general, se sabe que el conocimiento cambia continuamente (Prados M. d., 2009), cada día se adquieren nuevas experiencias que transforman, modifican o complementan la manera de pensar del individuo, y es ahí cuando se dice se está aprendiendo. El constructivismo es entonces, una respuesta que se da en torno a preguntas relacionadas a este proceso.

En el constructivismo (Coll, 2001; Rodrigo y Cubero, 2000), para aprender se debe presentar una situación en el que el sujeto que aprende se relacione con la realidad en la que se desenvuelve, generando una interacción entre lo que el sujeto ya sabe y lo que quiere aprender; como consecuencia el conocimiento previo del sujeto se modifica, complementa o reestructura, para adecuarse a la realidad que experimenta. Esto no se da con una sola representación, entendimiento o explicación, sino que implica toda una actividad mental. Por ello, la persona que aprende debe ser un agente activo en el proceso de construcción del conocimiento, y no limitarse a repetir o imitar (Gil & De Guzmán, 2001).

Partiendo de esta definición, en el constructivismo se supone una realidad relativa en la mente del sujeto, pues la construcción del conocimiento se basa en experiencias nuevas que se relacionan con las ya existentes, de forma que se puede decir que el individuo construye su realidad personal. Se toma al conocimiento como provisional y que contempla múltiples construcciones (Cubero, 2005). Esto es lo que hace al constructivismo diferente a otras teorías, como el racionalismo o empirismo, en las que la realidad es una verdad universal, y el conocimiento crece para acceder a ella.

Pero esta idea constructivista de que no se tiene acceso a una realidad universal y su interpretación queda inmersa en un contexto limitado, no significa que cada persona tenga su realidad y no se llegue a un acuerdo común en ningún aspecto, se usa un recurso simbólico para formular “teorías viables” o “modelos” que permitan negociar

un mundo o realidad social (esta es una característica vista en el conocimiento científico, donde solo se tienen aproximaciones del mundo, pero estas aproximaciones son aceptadas por toda una comunidad) (Araya, et al., 2007; Lemke, 1997).

Para hablar del aporte del constructivismo en la educación, es necesario distinguir que, bajo este nombre, existe un amplia gama de teorías y modelos basados en esta idea del desarrollo del conocimiento, que a veces son sensiblemente diferentes entre sí, y para no crear confusión, no es conveniente refiriéndose a un solo constructivismo, por ello, se hablara de “concepciones constructivistas” (Coll, 2001; Prados, 2009; Rodrigo y Cubero, 2000).

En el constructivismo vinculado al constructivismo social, de manera complementaria, el aprendizaje es resultado tanto de la interacción social como de un proceso cognitivo personal. Considera que las representaciones mentales y las actividades sociales están relacionadas y ambas deben tomarse en cuenta en los procesos de construcción del conocimiento. Además de considerar al lenguaje y las practicas lingüísticas y discursivas como parte del conocimiento y su construcción (Prados M. d., 2009).

El aprendizaje de contenidos escolares implica un proceso de construcción y reconstrucción por medio de interacciones sociales en el que las aportaciones individuales de los estudiantes son importantes. Esta aportación personal permite que, a pesar de que los contenidos y las actividades sean las mismas para todos los estudiantes, no se tiene una uniformidad en los conocimientos construidos en

Para Rodrigo y Cubero (2000), en el caso de enseñanza-aprendizaje en el aula con este planteamiento constructivista, se tienen los siguientes puntos clave:

- El estudiante es el protagonista de su propio conocimiento. Los conocimientos de cada estudiante se aplican, incrementan y vinculan con la realidad, con material que él mismo ha evaluado, seleccionado e interpretado, dejando de ser solo un receptor y dotando de significado a su experiencia. El docente guiará el aprendizaje, pero no lo transmitirá. De esta manera un error en un significado, puede ser el punto de partida para la construcción de un nuevo aprendizaje.

- La construcción de conocimiento en el aula es un proceso social y compartido. Es social por dos sentidos, primero por el hecho de que se aprende por interacción social

y segundo, porque los contenidos han sido construidos socialmente por individuos o culturas y acumulados a través de la historia.

De manera que, aunque el estudiante es el agente principal en la construcción del conocimiento, este proceso es inseparable de la construcción colectiva que llevan a cabo el docente y el resto de los estudiantes en actividades que realizan en conjunto (Coll, 2001), por ello se habla de un proceso de co-construcción o construcción conjunta de conocimiento (Cubero, 2005).

Desde esta perspectiva, el docente es quién ajusta las actividades y determina los mecanismos mediante los cuales se da el desarrollo y aprendizaje de los estudiantes, facilitando la comunicación y comprensión. En esta perspectiva constructivista no se impide la posibilidad de recibir conocimientos ya elaborados si estos están conectados con una necesidad en el proceso de reconstrucción interna por parte del propio estudiante (Cubero, 2005).

El constructivismo es una teoría poderosa en su generalidad y con fundamentos bastante fuertes, pero autores como Podolefsky et al. (2014) comentan que su aplicación es limitada debido a la falta de materiales y herramientas que apoyen el aprendizaje desde este enfoque. Por ello, Vygotsky modificó el constructivismo para incluir herramientas que impacten directamente en el proceso de aprendizaje, llamando este modelo adaptado “constructivismo mediado por instrumentos” En este modelo el aprendiz interactúa con el objetivo de aprendizaje (por ejemplo, la ley de Ohm) mediante alguna herramienta (como lo podría ser una simulación en computadora).

Por ello, el diseño de la herramienta es importante ya que es el cómo los estudiantes van a interactuar con el contenido, e influye en la forma en que ellos participarán en las actividades de aprendizaje y en la construcción del conocimiento. Diferentes herramientas proporcionan diferentes tipos de interacción y objetivos. Tal herramienta debe ser fácil de usar para que el estudiante se centre en el aprendizaje del contenido y no en el aprendizaje de cómo usar la herramienta.

2.1.1 Aprendizaje Activo de la Física

En el caso de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias se asume que lo esencial no es proporcionar a los estudiantes conocimientos absolutos, sino propiciar situaciones de aprendizaje en las que ellos sean capaces de contrastar y analizar diversos modelos,

además de promover y cambiar ciertas actitudes (Alzagary, 2010), y el aprendizaje activo corresponde con esta descripción.

El Aprendizaje Activo es una metodología constructivista centrada en el estudiante, que sugiere que para aprender se requieren de situaciones naturales donde se realizan investigaciones de manera activa sobre el mundo que nos rodea. Es decir, se aprende mediante interacciones con los demás y se utiliza el lenguaje para dar sentido a las experiencias y comunicar el conocimiento (Shewartz y Pollishuke, 1998). Aprender un concepto es aprender su definición con el trabajo, por lo que se hace hincapié en el uso que se le hace al conocimiento (Aparicio & Rodríguez-Moreno, 1992).

Experimentar, interactuar, reflexionar y comunicarse son los elementos del aprendizaje activo y están interrelacionados. Los estudiantes aprenden cuando las metas últimas son el significado y la comprensión (Schewartz y Pollishuk, 1998).

Esta teoría supone experiencias lingüísticas activas y significativas, donde los alumnos participan escuchando de manera activa, hablando de manera reflexiva, mirando con la atención centrada en algo, escribiendo con un fin determinado, leyendo de manera significativa y dramatizando de modo reflexivo.

Shewartz y Pollishuke (1998) hacen hincapié en:

- La oportunidad de tomar decisiones y resolver problemas, con el fin de fomentar el pensamiento independiente, responsable y crítico.
- El aprendizaje integrado, con forma de establecer relaciones entre experiencias diversas de manera significativa.
- Material de lectura de calidad.
- Problemas o hechos reales.
- Diálogo.
- Observación crítica.
- Aprender de los errores y gracias a ellos.
- Aprendizaje como proceso.
- Promover la interacción y la cooperación con los docentes y los compañeros.

Se han realizado muchas investigaciones que comparan metodologías activas con tradicionales. En esas investigaciones evalúan y comparan la comprensión de conceptos físicos (de los temas de mecánica, electricidad y óptica) en estudiantes universitarios y

pre-universitarios usando un inventario de conceptos (Michael, 2006). Los resultados han mostrado que las metodologías activas superan a las tradicionales no solo en conceptos, sino también en las habilidades de resolución de problemas (Meltzar y Thomton, 2011).

La gran diferencia entre los métodos tradicionales y el aprendizaje activo es el gran énfasis que hace este último en la variedad de actividades que el estudiante puede realizar en el aula para lograr los objetivos de aprendizaje. En algunas ocasiones, los estudiantes no interactúan directamente con el mundo, sino a través de videos o computadoras. La simple observación de experimentos sin usar tecnología también es consideradas activas (Michael, 2006). De toda la gama de posibilidades y herramientas que pueden ser empleadas en el aula ¿Cuál de ellas facilita el aprendizaje de circuitos eléctricos a nivel pre-universitario? En este trabajo de investigación se propone el uso de las simulaciones interactivas.

2.2. Simulaciones Interactivas

Las nuevas tecnologías han revolucionado la forma de acceder y relacionarse con el conocimiento. La sociedad evoluciona rápidamente gracias al desarrollo tecnológico que crece aceleradamente. Los estudiantes actualmente se están criando en una era de computadoras, internet, videojuegos y televisión, por lo que no tienen la fluidez con el material impreso ni las habilidades matemáticas de antes. Por lo tanto, los métodos de enseñanza tampoco pueden ser los de antes. Esto no significa que son alumnos menos capaces o que han perdido el interés, es simplemente que tienen habilidades diferentes y en lugar de verse como un impedimento se deben de aprovechar para su educación (Esqumbre, 2005).

Muchos centros educativos utilizan la internet y sus servicios para proporcionar información, realizar tareas administrativas, presentar calificaciones, etc. Sin embargo, no utilizan las capacidades de las TIC para proporcionar un nuevo espacio para desarrollar actividades educativas (Gámez, 2008). El uso de la tecnología en los procesos educativos desempeñará un papel predominante en la formación de competencias en los futuros profesionistas (Giacosa et al. 2009).

Autores como Santos (2000) y Fan y Liang (2012) muestran en sus trabajos como las simulaciones interactivas son una herramienta util en este proceso enseñanza-

aprendizaje. Giocosa et al. (2009) agregan que el uso de simulaciones en la enseñanza de la física, además, favorece el desarrollo del pensamiento lógico de los estudiantes.

Las simulaciones computacionales son programas informáticos diseñados con el propósito de comprender o predecir el funcionamiento de un sistema dinámico real, representado por un determinado modelo, mediante la experimentación en entornos virtuales (Giacosa et al. 2009).

Las simulaciones juegan un papel importante en la forma actual de hacer ciencia, pues son pilares en la elaboración de teorías y en la experimentación en el quehacer científico y la ingeniería de hoy (Chabay y Sherwood, 2004). Su aplicación en la enseñanza-aprendizaje de la Física es hacer las clases más atractivas y facilitan una comprensión más profunda de los temas (Esquembre, 2005). Santos (2000) comenta que aprender Física es *“comprender y utilizar conceptos que explican y predicen el comportamiento de un sistema físico... para ello, el sujeto debe construir modelos mentales apropiados...la utilización de simulaciones podría contribuir a este fin”*.

Las simulaciones interactivas no son recursos muy costosos o difíciles de manejar. En la internet se pueden encontrar applets que son pequeñas aplicaciones de simulaciones escritas en lenguaje Java, diseñadas para ser incrustadas en archivos HTML (página web), que son ejecutadas por el navegador del equipo de cómputo cuando se visita una página que los contiene. Viene representado en una pantalla gráfica, que contiene animaciones que muestran la evolución de un sistema (Alzargary y Carreri, 2010).

Las ventajas que ofrece el uso de simulaciones son variadas, entre ellas se encuentran:

- Acepta aportaciones de los usuarios y presenta los resultados en gráficos o tablas, permitiendo a los alumnos jugar un papel más activo en el proceso educativo.
- Ayuda a cubrir más de un objetivo educativo simultáneamente si se usa como complemento en una secuencia didáctica adecuada (Podolefsky, et al., 2014).
- Facilitarán la adquisición de conocimientos conceptuales y procedimentales. Como el estudiante manipula las variables independientes del fenómeno, puede apreciar la acción de esta manipulación sobre las variables dependientes, e incluso observar los cambios en la visualización del fenómeno, ayudándole a comprender los conceptos o dándole sentido.

- Muestra el fenómeno a través de una animación gráfica, lo que supone un valor añadido a las tareas educativas dirigidas a la representación de fenómenos, procesos o situaciones, pues como lo dice Dormido-Bencomo (2005) en sus escritos, la percepción de la realidad de cada individuo es esencialmente visual. Por ello, la visualización aparece como algo profundamente natural para tratar de describir y/o comprender nuevas relaciones entre los objetos matemáticos y también en la transmisión y comunicación de nuestro conocimiento. Esquembre (2005) agrega además, que la mente humana recuerda con mayor facilidad información visual que auditiva o escrita.
- Permite observar el fenómeno desde diferentes puntos de vista. Algunas animaciones permiten manipular el ángulo de visión del observador, acercarse o alejarse, e incluso meterse dentro del fenómeno, por ejemplo, ver el movimiento de los electrones dentro de un cable en una simulación de la ley de Ohm y no solo quedarse con los valores numéricos de las magnitudes físicas que se relacionan con este fenómeno.
- Permite investigar fenómenos que no sería posible experimentar en un aula o un laboratorio. Electricidad, óptica, física nuclear, entre otros tópicos de física, requieren de materiales costosos, mucho tiempo para su realización, son peligrosos o es imposible su realización en un laboratorio escolar, por lo que la simulación representa una herramienta muy valiosa.
- Ayuda a dotar de significado a las expresiones matemáticas y poder interpretar datos. Al observar cómo cambian las variables dependientes al manipular las independientes, las expresiones matemáticas adquieren sentido. Algunas simulaciones presentan los resultados en diferentes representaciones (por ejemplo, el valor numérico, tablas o gráficas), de forma que el estudiante puede relacionar estos resultados con lo ocurrido en la visualización de la simulación y su manipulación de variables, ayudándole a interpretarlos.
- Posibilitan al estudiante entender mejor las traslaciones entre las diversas representaciones del fenómeno estudiado (representaciones verbales, ecuaciones, gráficos, diagramas, tablas de valores, vectores, etc.). De manera integral, ayuda al estudiante a entender los conceptos, relacionarlos con su ecuación correspondiente, interpretar las gráficas, tablas o diagramas que presenten las simulaciones e interpretar el resultado, conjuntamente.

- Estimula la intuición de los estudiantes (Gámez, 2008), después de varias veces corrida la simulación, ellos pueden intuir o predecir cuál será el resultado de un cambio previo a la realización del mismo.
- Motivan al estudio de las ciencias y son interesantes para los estudiantes, pues muestra una visión de la ciencia como accesible y divertida. El estudiante puede desarrollar auténticas prácticas científicas y se identifica como una persona que utiliza el razonamiento científico, por lo que podría demostrar futuro interés en la ciencia.
- Hace conexiones con su vida diaria. El estudiante conecta las ideas científicas con sus experiencias diarias y reconoce a la ciencia como herramienta para explicar el mundo.
- Ayudan a identificar preconcepciones erróneas. Antes de iniciar la simulación, el docente puede pedir a los estudiantes que predigan lo que ocurrirá, de forma que permite tener un diagnóstico sobre los conocimientos previos de los estudiantes, y en especial los que son erróneos.
- Ayuda al cambio conceptual. Los estudiantes prueban sus teorías con la manipulación de la simulación, y al observar que sus conocimientos no siempre concuerdan con lo observado, o no siempre lo pueden predecir, entrará en algún conflicto cognitivo que es necesario para llevar a cabo el proceso de cambio conceptual, con actividades que el docente crea pertinentes.
- Favorece la construcción de modelos mentales adecuados. Ayuda a los estudiantes a construir representaciones donde se muestran las relaciones entre los objetos y sus propiedades medibles, lo que posibilita la construcción de modelos mentales. De esta forma, el estudiante supera las dificultades que se establecen entre lo que leen, observan y escuchan de los docentes y las representaciones que los mismos hacen de los fenómenos.
- Se pueden realizar en internet. Muchas simulaciones pueden ser utilizadas desde una página web o permiten ser “bajados” e instalados en computadoras, lo cual hace una ventaja al usarlos en aulas de computación que no cuentan con conexión de internet. Además, el estudiante puede continuar usándolos desde sus casas.
- Disminuye el tiempo requerido para la realización de un gran número de experiencias y cálculos debido a la flexibilidad y rapidez con que trabajan las

computadoras, posibilitando la autorregulación del tiempo requerido para el aprendizaje

Al trabajar con simulaciones se debe estar cociente de sus limitaciones, un software de simulación está basado en modelos que no pueden representar todos los aspectos de la realidad y muchas veces proporcionan valores aproximados (Giacosa et al. 2009) o pueden existir errores en la confección de estos programas que conduzcan a los estudiantes a pensar de modo incorrecto. Por ello, es importante que el docente conozca a fondo el recurso, las prestaciones, los modelos físicos involucrados y las limitaciones y alcances del programa. Sólo así se podrán transformar en recursos útiles para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje

Las consideraciones acerca del uso de las simulaciones son:

- Está limitado por el acceso que puedan tener los estudiantes a ciertos recursos básicos, como computadora y conexión a Internet. Dado que no todos ellos disponen en su domicilio de los recursos mencionados, se dificulta el uso de *applets* fuera del ámbito académico.
- No pueden considerarse sustitutas de las experiencias reales.
- Las actividades deben estar insertas en una planificación que le dé sentido educativo, como una metodología basada en el aprendizaje activo, caso contrario se corre el riesgo de que se conviertan en juegos electrónicos.
- Es conveniente que el estudiante cuente con una formación científica previa que le permita comprender y analizar el fenómeno simulado.
- Aunque constituyen una minoría, es bueno tener presente que existen estudiantes que no encuentran ayuda en las simulaciones y que, por su estilo de aprendizaje, prefieren las clases tradicionales.
- Insume tiempo, estudio y dedicación por parte del docente. No solo requiere invertir tiempo en la búsqueda de una simulación adecuada para el tema a tratar, también debe planificar la secuencia didáctica en que la implantara, para sacarle el mejor provecho a la herramienta. Este tipo de planeación requiere de mucho tiempo y preparación.
- Invertir tiempo en enseñar a los estudiantes en el uso del programa.

- La función motivadora de los applets se tiene sólo cuando el recurso de considera novedoso. Mostrar repetidas veces la misma simulación, para presentar conceptos relacionados, o un tema completo solo de simulaciones puede agotar su encanto novedoso y motivador para los estudiantes.

Para elegir una simulación adecuada se debe seleccionar un programa atractivo y simple. La web cuenta con una amplia gama de posibilidades para este tipo de herramienta (incluso de uso libre) que abarca casi todos los temas básicos de la física. La dificultad reside en generar criterios que posibiliten seleccionar el applet más adecuado y disponer de pautas de evaluación del material.

El docente debe analizar el componente técnico (como el tamaño del programa, requerimientos operáticos, compatibilidad con otros sistemas informáticos), funcional (versatilidad, usabilidad, interactividad, eficiencia, recuperabilidad, portabilidad) y estético (vistoso y atractivo) (Giacosa et al. 2009). Además de considerar destinatarios (el tipo de estudiantes al que va dirigido), objetivos de la formación pretendidos, contenidos involucrados (conceptuales, actitudinales y procedimentales), tipos de actividades propuestas, recursos necesarios, posibilidad de auto-evaluación, tiempo disponible (fundamentalmente, el de la planificación áulica) y contexto socio-cultural.

Las características que debe tener la interface de una simulación, de acuerdo a Lye, et al. (2012) son:

Coherencia	Sólo deben contener la información necesaria.
Señalización	Incluir señalización que faciliten la organización de la información.
Contigüidad espacial	Colocar las representaciones relacionadas (como palabras, diagramas, ecuaciones) cerca uno del otro.

En estudios hechos por Podololefsky et al. (2014), para el desarrollo de simulaciones se realizan pruebas de las simulaciones sobre los estudiantes y se analiza:

- 1) La usabilidad: que la interfaz y los controles de la simulación sean intuitivos y fáciles de usar, y que las representaciones visuales se interpreten según lo deseado por la población estudiantil de destino.

- 2) la participación: que el estudiante explore activamente, genere sus propias preguntas e ideas para explorar y probar, establecer conexiones, y tome decisiones.
- 3) el aprendizaje: que las interacciones ayuden al logro de los objetivos de aprendizaje.

Es importante destacar que las simulaciones interactivas no sustituyen la experimentación real en un laboratorio, pero ayuda a mejorar la comprensión de determinados conceptos, fundamentalmente porque permiten ampliar el campo de la ejemplificación y realizar experiencias que no es posible realizar en los laboratorios de docencia. Tampoco es un sustituto de profesor, más bien ayuda al docente a incrementar el uso de prácticas pedagógicas y ayudar a su rol de facilitador del desarrollo de procesos científicos, razonamiento, habilidades de argumentación, agente de soporte para los estudiantes y promotor de la participación comunitaria (Podolefsky et. al, 2014).

2.2.1 Simulaciones PhET

Las simulaciones usadas en este proyecto de investigación fueron obtenidas del sitio web de internet <http://phet.colorado.edu/es>, perteneciente al proyecto Physics Education Technology Project (PhET) de la Universidad de Colorado. En este proyecto colaboran varios investigadores y docentes para crear más de cien simulaciones en el área de física, química y matemáticas. Todas las simulaciones son de acceso libre y están traducidas a otros idiomas. Es posible descargarlas de internet y usarlas en computadores que no tengan acceso a la red. En el proyecto PhET, los investigadores analizan exhaustivamente la eficacia educacional de cada una de sus simulaciones, mediante test, entrevista a los estudiantes que usan las simulaciones y observación en el aula del uso de las simulaciones.

Las simulaciones utilizadas en este trabajo fueron:

1. cargas y campos,
2. hockey eléctrico,
3. voltaje de batería,
4. resistencia en un alambre,
5. ley de Ohm y,
6. Kit de construcción de circuitos (sólo CC) laboratorio virtual.

A continuación se hace una pequeña descripción de cada una de las simulaciones.

Simulación 1: Cargas y campos.

Cargas y Campos

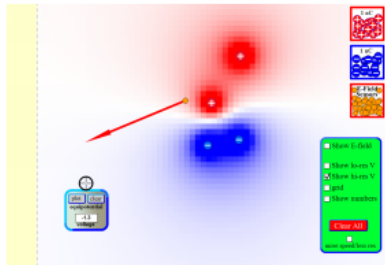


Figura 1. Vista previa de la simulación cargas y campos.

En esta simulación corresponde a un espacio en blanco donde a la derecha se encuentran cajas con cargas positivas (círculos color rojo con un + en el centro), cargas negativas (círculos color azul con un – en el centro) y sensores (círculos más pequeños que los color naranja).

En esta simulación el usuario puede tomar una de las cargas dándole clic con el ratón de la computadora y arrastrarlo a la zona en blanco, como puede verse la figura 1.

En la parte inferior derecha de la simulación se encuentra el panel de controles que permite apreciar en campo eléctrico de la carga en diferentes formas, ya sea como flechas que indican la dirección del campo o con escalas de intensidad de color que indican la intensidad del campo eléctrico, como se muestra en la figura 2.

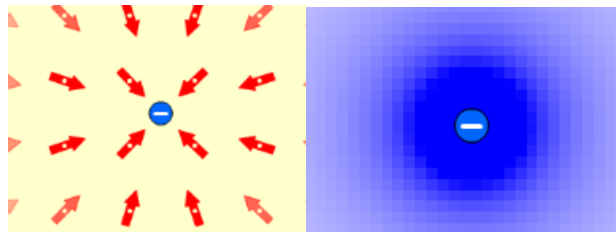


Figura 2. Diferentes formas en que la simulación representa al campo eléctrico. Las flechas indican la dirección del campo y la intensidad del color la intensidad del campo eléctrico.

La simulación también permite apreciar lo que sucede al encontrarse dos cargas de igual signo o de diferente signo, dibujar las líneas equipotenciales y medir la intensidad del campo con valores numéricos con un medidor que puede desplazarse a lo largo del área de la simulación al arrastrarlo usando el ratón de la computadora. Al colocarlo en cualquier espacio indicara el valor del campo, ya sea positivo o negativo, como se muestra en la figura 3.

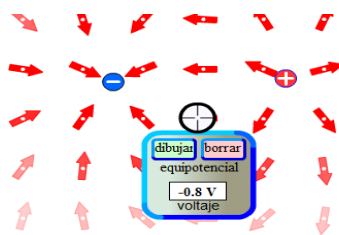


Figura 3. La simulación permite apreciar cómo se modifican las líneas del campo cuando se tiene más de una carga. Además proporciona el valor numérico del campo eléctrico en cualquier lugar mediante un medidor de voltaje.

Simulación2: Hockey eléctrico.

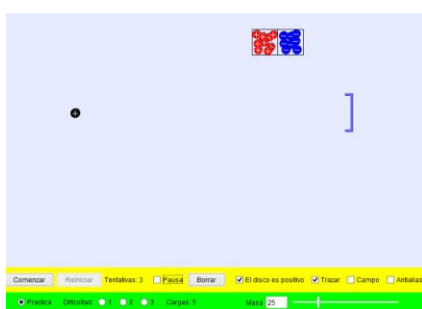


Figura 4. Vista previa de la simulación Hockey Eléctrico.

Al inicio de esta simulación se observa una carga prueba positiva a la izquierda de una área en blanco. En la parte superior derecha de la simulación se encuentran cargas positivas (representadas con un círculo pequeño en color rojo con un signo + en el centro) y cargas negativas (representadas con un círculo pequeño en color azul con un signo – en el centro). El usuario toma tantas cargas positivas y

negativas como desee arrojándolas con el ratón de la computadora y colocándolas en cualquier lugar que quiera de la zona blanca, ver figura 4.

Sobre la carga prueba negra irán apareciendo flechas que indican la dirección y magnitud de la fuerza que experimenta debido a cada una de las cargas. Al presionar el botón de “Comenzar” en la parte inferior de la simulación, la carga prueba comenzará a moverse en dirección de la fuerza resultante, dejando trazas de su movimiento, como se muestra en la Figura 5. La simulación puede apreciarse como un juego cuya intención es colocar cargas que den como resultado que la carga negra entre a una portería en la parte derecha de la simulación. El usuario puede ir aumentando la dificultad del reto, seleccionando los niveles del 1 al 3 que se encuentran en la parte de debajo de la simulación. La dificultad consiste en la aparición de paredes entre la carga negra y la portería.

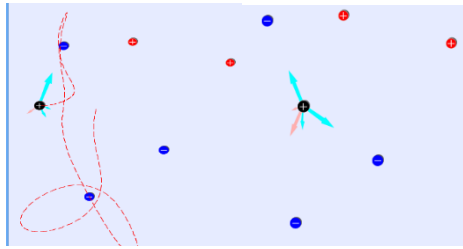


Figura 5. Forma en la que se interactúa con la simulación Hockey eléctrico. Esta simulación permite ver el movimiento de una carga por influencia de un capo eléctrico.

Simulación 3: Voltaje en una batería.

Voltaje de batería

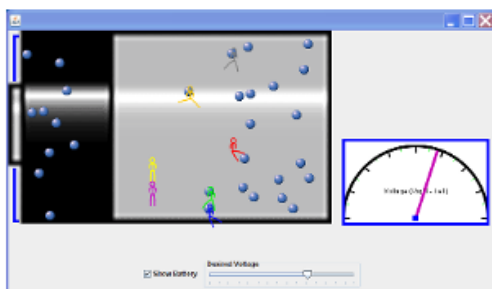


Figura 6. Vista de la simulación voltaje de una batería.

En esta simulación se muestra la forma de una pila con círculos azules en su interior que representan cargas negativas (electrones). En un inicio se encuentran la misma cantidad de electrones a la izquierda de la pila que a la derecha. En el centro de la batería se tienen figuritas de colores que simulan pequeños monitos con cabeza, brazos y piernas. A la

derecha de la pila se muestra un medidor de voltaje, que al inicio de la simulación indica cero, ver figura 6. En la parte de abajo se encuentra una barra deslizadora en la que el usuario puede elegir el valor de voltaje de quiera para la pila. Al moverla a la derecha, los monitos del centro se moverán a la izquierda de la pila, tomarán algunos electrones y los llevarán a la parte derecha. El medidor de voltaje se moverá indicando que ahora sí hay una diferencia de potencial en la pila, pues se tienen más electrones de un lado que de otro. De esta manera el usuario puede tener la diferencia de potencial que desee dentro de los límites de la simulación, mostrando que la diferencia de potencial en el interior de una pila se genera por una mayor concentración de cargas negativas en uno de los polos de la batería.

Simulación 4: Resistencia en un alambre.

La simulación muestra la ecuación de la resistencia eléctrica, botones deslizadores que controlan los valores de la resistividad, largo del alambre y el área transversal del

Resistencia en un Alambre

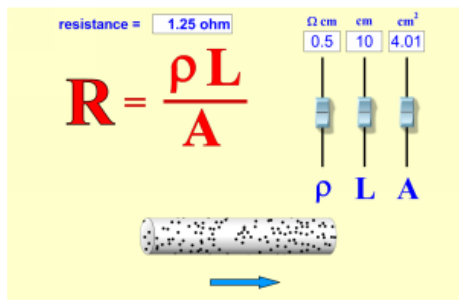


Figura 7. Vista de la simulación resistencia en un alambre.

variable A en la ecuación se hará más grande, mientras que el tamaño de la variable R en la ecuación disminuirá, indicando que son inversamente proporcionales. En la imagen del alambre, éste se hará más ancho y la flecha en la parte de abajo más grande, indicando que la corriente a través del alambre aumentará. Algo semejante sucede con el resto de las magnitudes.

Simulación 5: Ley de Ohm.

Ley de Ohm

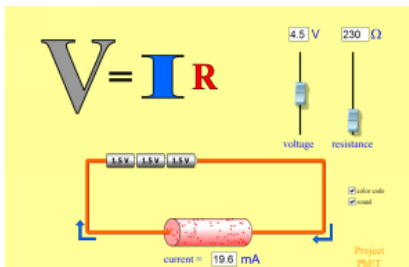


Figura 8. Vista de la simulación Ley de Ohm.

En esta simulación se muestra la ecuación de la ley de Ohm, controladores donde el usuario puede modificar el valor del voltaje y la resistencia y un circuito eléctrico básico con baterías, una resistencia variable y flechas en las esquinas que representan la corriente eléctrica, ver figura 8. Al igual que en la simulación pasada, en esta simulación al cambiar los valores de alguna de las variables, el cambio se refleja en la ecuación y en el circuito.

Por ejemplo, si el valor del voltaje aumenta, el tamaño de la V de la ecuación también lo hará, al igual que la variable I , pues el voltaje y la intensidad de la corriente eléctrica son directamente proporcionales. En la imagen del circuito, la cantidad de pilas aumentará y el tamaño de las flechas se hará más grande. En cambio, si se aumenta el valor de la resistencia, la variable R de la ecuación se hará más grande, mientras que la I disminuirá de tamaño. En la imagen, más puntitos aparecerán en la resistencia variable, y las flechas disminuirán de tamaño.

Un valor agregado de esta simulación es que permite ver que su sucede en los límites superior e inferior de las variables. Por ejemplo, cuando el valor de la resistencia es casi cero, el tamaño de I crece hasta ocupar toda la pantalla, al igual que las flechas.

Simulación 6: Kit de construcción de circuitos (sólo CC).

Kit de construcción de circuitos (sólo CC), Laboratorio Virtual

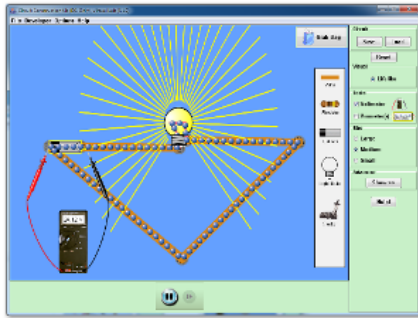


Figura 9. Vista de la simulación Kit de construcción de circuitos (sólo CC).

Esta es la simulación más utilizada en este trabajo de tesis. Consiste en una ventana con un espacio de trabajo donde se pueden construir circuitos resistivos en serie y paralelo usando focos, resistencias, pilas y cables. En la parte derecha de la simulación se encuentran los elementos que el usuario puede usar para sus circuitos, para ello solo selecciona uno de los elementos y los arrastra hasta el área de trabajo. Los elementos tienen un círculo punteado alrededor de las conexiones, indicando que ese es el lugar donde se unen los elementos. Todos los componentes eléctricos tienen bolitas azules en su interior que representan a los electrones. Cuando un circuito eléctrico se cierra las bolitas empiezan a moverse representando la corriente eléctrica, ver figura 9.

Al usar bombillas se puede observar los efectos sobre la intensidad luminosa dependiendo de la conexión realizada. Y si no se conectan bien los elementos se puede generar un corto circuito (Fig. 10).

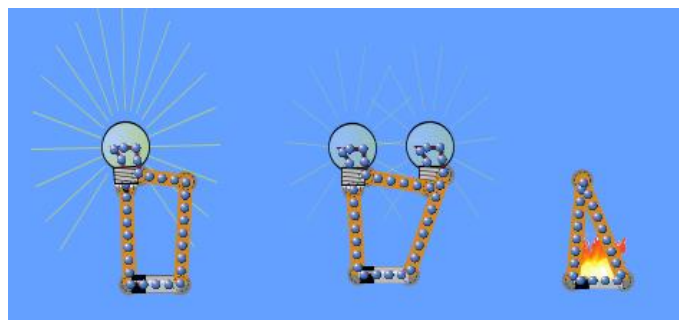


Figura 10. Ejemplo de las conexiones que se pueden hacer en la simulación de kit de circuitos eléctricos. En los primeros dos circuitos se muestra como la intensidad luminosa de los focos cambia dependiendo del tipo de conexión. En la tercera figura se muestra como se ve un corto circuito en la simulación.

La simulación también cuenta con herramientas de medición. Un voltímetro con sus dos puntas. Al igual que un voltímetro real, los usuarios de la simulación deben conectar las

puntas en los dos puntos donde quieren conocer la diferencia de potencial. También se tiene un medidor de corriente eléctrica, el cual consiste en un tira vertical que se coloca sobre el alambre e indica la corriente en amperes que circulan en ese punto. Se puede cambiar el valor de cualquier elemento eléctrico solo dando clic con el botón derecho del ratón sobre él.

2.3. Tutores Inteligentes y Teoría ACT-R

Los Sistemas de Tutores Inteligentes (STI) comenzaron a desarrollarse en los años ochenta con la idea de poder asistir y guiar al estudiante en el proceso de aprendizaje haciendo uso de alguna forma de inteligencia artificial, emulando el comportamiento de un tutor humano (Sánchez, 2009). El sistema tenía que ser capaz de adaptarse al comportamiento del estudiante, identificando la forma en que el mismo resuelve un problema a fin de poder brindarle ayuda cognitiva cuando lo requiera.

Un tutor inteligente: *“es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo”* (Van Lehn, 1988). Wolf (1984) define los STI como: *“sistemas que modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio”*. *“Un sistema que incorpora técnicas de IA (Inteligencia Artificial) a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa”* (Giraffa, 1997).

En los años noventa, los avances de la psicología cognitiva y la neurociencia han permitido que los STI evolucionen desde una propuesta instructiva inicial hasta entornos de descubrimiento y experimentación (Hernández, 2012). El desarrollo de este tipo de software se basa en identificar los diferentes estados evolutivos del estudiante y reconocer las concepciones previas, es decir, saber qué es lo que el estudiante ya sabe del tema y los probables errores conceptuales que tiene, y saber qué proceso seguir para ayudarlo a construir el conocimiento, desde su propio desarrollo cognitivo.

Simular la asesoría de un tutor humano no es tarea sencilla, y se ha observado que la mayor parte de los SIT no presentan el nivel esperado de inteligencia, aún con las técnicas de programación más avanzadas (Hernández, 2012). Por ello, la nueva orientación de los STI es proveer una alternativa que complemente al tutor humano

cuando este no puede dedicar más tiempo a los estudiantes que aún presentan conflictos al entender un tema, buscan que el estudiante aprenda de forma autónoma ayudado por el STI.

El diseño e implementación de un Sistema de Tutores Inteligentes se fundamenta en el modelo cognitivo ACT-R (por sus siglas en inglés de Adaptive Control of Thought-Rational), debido a que este modelo implica una interacción directa entre los humanos y una computadora (Human Computer Interaction - HCI). El ACT-R es un modelo de proceso cognitivo humano desarrollado y utilizado por los psicólogos cognitivos para el problema de modelo de resolución, aprendizaje y la memoria (Hernández, 2012).

El ACT-R es una arquitectura cognitiva que cubre una amplia gama de tareas cognitivas humana, centrándose en el aprendizaje y la resolución de problemas. Se ha usado antes para modelar la resolución de tareas tales como la memoria de textos o listados de palabras, la comprensión del lenguaje, la comunicación y el control de aeronaves.

La característica fundamental de ACT-R es que es una teoría de sistemas de producción, en el que una habilidad cognitiva se compone de sentencias condicionales conocidas como reglas de producción, es decir, describe acciones que se deben tomar si se cumple una condición. Por ejemplo:

En el caso del Sistema de Tutores Inteligentes usados en este trabajo, estos ayudan a los alumnos a resolver ejercicios de circuitos en serie, paralelo y circuitos mixtos. Si uno de los tutores presentados a los alumnos es un circuito en serie, la acción que pedirá el tutor para el estudiante es que sume el valor de todas las resistencias, pues esa es la condición de un circuito en serie. Si el alumno coloca un valor diferente al resultado de la suma como entrada del Tutor, la acción del mismo es decirle que ese valor es incorrecto y mostrará una pista que pueda ayudar al estudiante a identificar cual es la operación correcta. De igual forma, cada acción que tome el tutor es debido a una condición, por ello a veces a esta característica se denomina par condición-acción.

El ACT-R considera que se tienen dos tipos de memoria: la declarativa que consiste en hechos y conocimiento factual, representado por bloque de información; y la procedimental: consiste en nuestro conocimiento de cómo hacer la cosas, representado

por producciones. Dentro de esta teoría, se llevan a cabo tareas cognitivas mediante el ensamble de las normas de producción por el establecimiento de metas (Hernández, 2012).

La intención es que desde un modelo ACT-R se puede implementar un programa de computadora que pueda simular los modelos e interactuar directamente con el programa de software que se evalúa.

Desde ACT-R se modela el proceso de aprendizaje de una habilidad (la transición del conocimiento declarativo al conocimiento procedimental), además de predecir el tiempo que requiere un usuario para realizar una tarea. Esto puede ser usado para evaluar que tan fácil es para un usuario aprender a usar un sistema, ayudando a los diseñadores de programas de fomento que es más fácil para los principiantes aprender. Es la gracias a esta arquitectura cognitiva que surgieron los Tutores Inteligentes.

El ACT-R no es una teoría generativa. Solo puede ayudar en la evaluación de un interfaz de usuario y no proporciona directrices sobre cómo desarrollar tales interfaces. El ACT-R también no dice nada sobre el impacto social del programa que se desarrolla, y ha habido críticas de que las normas de producción son entidades meramente descriptivas y no psicológicamente reales. Sin embargo, ACT-R es actual, ante un área activa de investigación en la psicología cognitiva y cómo los investigadores han desarrollado nuevas herramientas es probable que el ACT-R se amplíe y aplique más (Hernández, 2012).

2.3.1 CTAT (Cognitive Tutor Authoring Tool)

El Sistema de tutores usados en esta investigación fue desarrollado en la plataforma de CTAT, cuyas siglas en español significan Herramientas de Autoría para Tutores Cognitivos. Una tecnología desarrollada en Pittsburgh Science of Learning Center (PSLC). Esta herramienta facilita el desarrollo de tutores basados en computadora. Incluye dos tipos de tutores: los tutores de problemas específicos y los tutores cognitivos.

La interfaz de los Tutores creados en CTAT pueden hacerse en Java o Adobe Flash Professional©, permitiendo crear interfaces amigables y de fácil interacción con el estudiante. Los tutores son evaluados mediante un ACT-R. La comunicación entre la interfaz y el ACT-R es precisamente el programa CTAT (Sánchez, 2009).

Para poder establecer la conexión entre la interface creada en Flash y el CTAT se lleva a cabo un proceso de integración de herramientas en el Flash a través de Adobe Extensión Manager®, permitiendo hacer estándar los componentes de los tutores. Esto hace más sencilla la programación del Tutor y el diseñador puede concentrarse en la parte didáctica y el proceso de aprendizaje del tutor más que en su programación.

En el CTAT se describen los pasos que el alumno aplicará y también se programan los posibles “tips” o las “pistas” que se le pueden brindar al estudiante para que avance en la resolución del problema y logre avanzar en su aprendizaje. Dentro de cada uno de los pasos del problema en particular también se pueden definir los errores más comunes por parte de los estudiantes e instruir al tutor para notificar al autor de que la acción que acaba de realizar no es correcta. En la figura 11 se muestra una imagen de la ventana del CTAT y como se ve la descripción de los pasos del tutor.

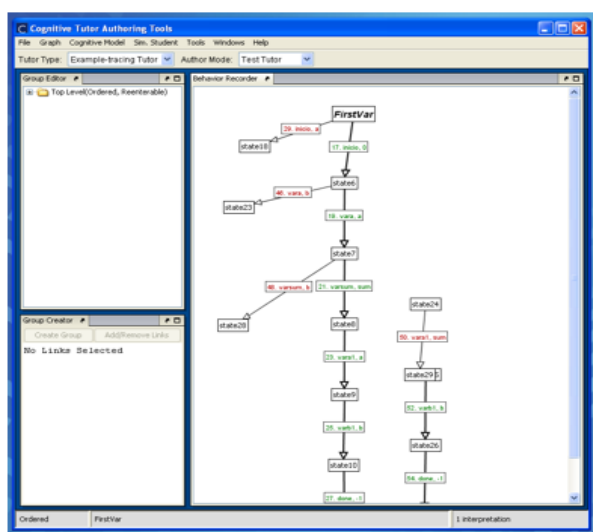


Figura 11. Vista de la ventana del CITAT. Se observan los pasos de una actividad. El texto en verde corresponde de a un paso correcto, el texto en rojo es un posible error, y el texto en negro es la retroalimentación que recibirá el alumno si comete tal error.

Estos tutores se integran en el stock de datos del PSLC, generando registros detallados de las interacciones estudiante-tutor, adecuados para ser analizados por docentes e investigadores. Para aquellos que prefieran hacer un registro única, CTAT dispone de una librería independiente con funciones de registro (Hernández, 2012).

Los tutores cognitivos han tenido una historia exitosa que antecede a CTAT en el área de matemáticas en escuela secundaria, mostrando ser muy eficaces mejorando los resultados en pruebas hechas a los estudiantes (Hernández, 2012).

Capítulo 3. Metodología

En el presente capítulo se describe la metodología empleada para responder las preguntas de investigación. Primero se describe el contexto de los estudiantes y la institución donde se llevó a cabo la investigación. Enseguida se detallan las dos secuencias didácticas utilizadas, una que involucra el uso de simulaciones interactivas y otra que usa experimentos demostrativos. Después se describen los tutores inteligentes que usaron algunos de los grupos del estudio, para reforzar su dominio en la resolución de problemas de circuitos eléctricos resistivos. Finalmente se describen los instrumentos utilizados para la evaluación, un test de opción múltiple para el pre, pos y retención test, un conjunto de problemas de circuitos para evaluar su habilidad de resolución y un diferencial semántico para conocer la opinión de los estudiantes sobre la secuencia.

3.1. Descripción de los Grupos de Trabajo

El estudio se llevó a cabo en la preparatoria particular de la Universidad de La Salle campus Américas en la ciudad de León Guanajuato. La institución es católica y tiene un nivel académico dentro del promedio nacional, con un modelo educativo por competencias. El nivel socioeconómico de los estudiantes es medio y un alto porcentaje de ellos están becados. Todos los estudiantes tienen acceso a internet, pero no precisamente con computador en sus hogares, sino también, la institución cuenta con un centro de cómputo con internet que ellos pueden utilizar para realizar sus deberes y una plataforma educativa que los docentes pueden utilizar para enviar tareas a los estudiantes o comunicarse con ellos fuera del horario de clases.

Los cuatro grupos donde se realizó el estudio son del turno matutino de cuarto semestre del ciclo escolar agosto-diciembre 2013. Tres de los cuatro grupos son del área de diseño (411, 412 y 413), caracterizados por tener estudiantes con aspiraciones universitarias de ingenierías, arquitectura y diseño. El otro grupo pertenece al área de higiene y salud (421), donde la mayoría de los estudiantes tienen aspiraciones profesionales en el área medicina y biotecnología. Todos los estudiantes tienen la aspiración de continuar con estudios universitarios.

El tema objeto de estudio corresponde a la materia de Física II, que contempla el tema de Ley de Ohm y circuitos eléctricos como penúltimo tema de su temario, por lo que es abordado en el último mes de clases. La clase de física tiene asignada una sesión al día de cincuenta minutos de lunes a viernes. El tema de circuitos tiene asignadas 10 sesiones. El investigador que aplicó los experimentos para el estudio fue el docente de los grupos durante todo el semestre escolar y el tiempo que se llevó a cabo el estudio.

Los cuatro grupos son mixtos con un promedio de 42 estudiantes cada uno. La edad de los estudiantes oscila entre los 15 y 17 años. Todos los grupos tienen al mismo docente para la materia. Para todos los estudiantes el tema fue abordado por primera vez. La institución cuenta con un cañón y una computadora portátil para ser llevados al aula como herramienta didáctica y un laboratorio de física con instrumentación básica y material para formar diez equipos durante las clases. En caso de ser necesario, los docentes tienen permitido solicitar material extra a los estudiantes para trabajar en el aula, siempre que este no sea muy costoso y sea fácil de conseguir.

Antes de iniciar con la secuencia didáctica se les habló a los estudiantes sobre esta investigación. Se les comentó que los resultados de las pruebas no afectarían su calificación, pero que las actividades a realizar, así como los test, serían consideradas como tareas de la materia, esto con el fin de comprometerlos a realizar las actividades y participar en las sesiones. También se les comentó que se les estaría pidiendo material experimental sencillo.

3.2. Diseño de Secuencias Didácticas y su Implementación en el Aula

Las secuencias didácticas tienen una duración de 10 sesiones, 6 de las sesiones dedicadas al contenido conceptual y 4 para la resolución de problemas. Los temas abordados son: Corriente eléctrica, diferencia de potencial, resistencia eléctrica, ley de Ohm, circuitos en serie, paralelos y mixtos. Los grupos se dividieron en 10 equipos, y durante todas las sesiones los estudiantes trabajaron en los mismos equipos para desarrollar las actividades solicitadas. Dos de los grupos (el 411 y 412) siguieron una secuencia didáctica basada en experimentos, de ahora en adelante serán llamados los grupos EXP1 y EXP2. Los otros dos grupos (413 y 421) siguieron una secuencia didáctica basada en simulaciones interactivas, de ahora en adelante los grupos serán llamados SIM1 y SIM2. La selección de qué secuencia siguió cada grupo fue aleatoria. La estructura de

ambas secuencias didácticas se basó en la propuesta de la tesis de maestría de Orlaineta (2011), la cual describe que una secuencia didáctica activa puede dividirse en 6 etapas:

1. INICIAR: por medio de preguntas generadoras de la vida cotidiana, se introduce el tema. Es esencial que los estudiantes se den cuenta de la importancia del tema.
2. OBSERVAR Y REFLEXIONAR: Se realizan una serie de actividades donde los estudiantes mida, comparen, realicen preguntas, relacionen, etc. En esta etapa se intenta que los estudiantes visualicen las variables relacionadas con el fenómeno.
3. PRESENTANDO IDEAS NUEVAS: mediante discusiones y clases magistrales, se presentan formalmente los conceptos involucrados. Se pretende que el estudiante reestructure sus ideas o se generen nuevas.
4. APLICAR: los estudiantes aplicaran las nuevas ideas a situaciones prioritariamente cotidianas poniendo a prueba sus conocimientos.
5. SINTETIZAR: permite que los estudiantes se concienticen de lo que han aprendido.
6. EVALUAR: permite al docente evaluar el aprendizaje.

Este esqueleto de secuencia didáctica sirve como guía para estructurar las actividades a realizar en el aula con cualquier tipo de instrumento. A continuación se describirá a mayor detalle cada una de las secuencias y los materiales empleados para su desarrollo.

3.2.1 Secuencia Didáctica Basada en Experimentos.

A los equipos se les entregaba un formulario de preguntas que tenían que ir llenando con sus observaciones y contestando las interrogantes contenidas en los documentos, con la intención de ir guiando sus actividades. En el caso del grupo de experimentos demostrativos se utilizaron los mismos descritos por Orlaineta (2011) en tu tesis de maestría, los cuales fueron:

- Vasos comunicantes, para el concepto de diferencia de potencial y corriente eléctrica.
- Batería de limones, para el concepto de diferencia de potencial y una sencilla explicación del funcionamiento de una pila.
- Conectando el ventilador ¿a dónde gira? Primer circuito e identificar que la corriente eléctrica tiene dirección.
- Comparando la resistencia de diferentes materiales. Se usa un multímetro y varios materiales de diferentes tamaños y geometrías, como clips grandes y pequeños, clavos de diferentes formas y materiales, cables de diferentes calibres y longitudes, etc.

- Conectar focos en circuitos en serie, paralelo y mixto, identificando sus propiedades.

Una sesión antes de comenzar con la secuencia, los estudiantes respondieron un pre-test, cuyo contenido se discutirá en el subcapítulo de “Instrumentos de evaluación”. A partir de esa sesión se realizaron las actividades contenidas en la siguiente tabla, cuyas columnas contiene la siguiente información:

Columna 1: Sesión. Esta columna indica el número de sesión, acomodadas cronológicamente, en la cual fue desarrollada la actividad. En total 6 sesiones, que corresponden a la parte conceptual, las otras 4 se describen más adelante.


Columna 2: Tema: Muestra los temas abordados en cada actividad, estos pueden ser: introducción, diferencia de potencial, corriente eléctrica, resistencia eléctrica, circuitos en serie y paralelos y resolución de problemas.

Columna 3: Tiempo: En esta columna se muestra una aproximación del tiempo medido en minutos que requiere cada actividad para su desarrollo. Cada una de las sesiones es de 50 minutos, así que los tiempos que involucra cada actividad tienen un máximo de esta duración, y si es menor, permite el desarrollo de más actividades.

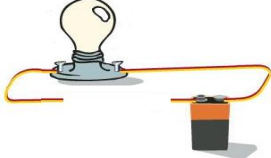
Columna 4: Quien: indica quien va a elaborar la actividad, si los equipos, de manera individual, como una discusión grupal o el docente.

Columna 5: Donde: No todas las actividades se realizan en el salón de clases, algunas de ellas son de tarea y el estudiante la desarrolla en casa.

Columna 6: Descripción: detalla las actividades y el aprendizaje esperado.

sesión	Tema	tiempo	como	donde	Descripción
1	Introducción	15	equipos	clase	Se le plantea al grupo el siguiente cuestionamiento: María va a salir de campamento y necesita una lámpara de mano. En su casa encontró una muy bonita y grande, pero no enciende, ayúdala a entender ¿Por qué no enciende el foco? ¿Qué procedimiento debe realizar para averiguarlo? Se reúnen en equipos de 5 personas y se les pide que piensen en las respuestas y lo contesten en su cuaderno.
		10	grupo	clase	En forma grupal se les pregunta los elementos principales para hacer que un foco prenda. Se lleva material para hacer una conexión simple de foco, cables y pila para hacerlo en el salón. Con una tabla en el pizarrón se analiza la función de en el circuito de cada uno de los elementos.
	Diferencia de potencial	25	docente	clase	<p>Experimento 1: Vasos comunicantes. Finalidad: Centrar la atención en que el flujo del agua al variar la altura de los vasos</p> <p>Se pretende que los estudiantes observen que entre mayor es la diferencia de altura el flujo de agua aumenta, mientras que entre menor sea dicha diferencia el flujo de agua disminuye y si no existiera diferencia entre las alturas tampoco existiría flujo de agua</p> 
2	Diferencia de potencial	50	equipos	clase	<p>Traer por equipo los siguientes materiales: 5 limones, 5 trozos de cobre, 5 clavos, un let y alambre delgado. Pedir al laboratorio el milímetro y las pinzas caimán. Por equipo intentaran prender el let usando los limones como pilas, conectándolos en serie y en paralelo. Medir voltaje con el multímetro, el docente indica cómo.</p> <p>Reto por equipo: ¿Qué conexión de limones genera le voltaje más grande?</p>

					<p>Pedir que entreguen por equipo un dibujo que muestre como lograron lo planeado y con la respuesta de las preguntas.</p> <p>Antes de terminar la clase, todos los equipos comparten las conclusiones</p>
3	Corriente eléctrica	15	individual	clase	<p>Traer a clase: una pila de 9 Volts por persona. Finalidad: Sentir el paso de corriente eléctrica por la lengua empleando una pila de 9 volts ligeramente cargada.</p> <p>Este experimento tiene dos finalidades. La primera es que los estudiantes se den cuenta que para que exista una corriente se necesita tocar ambos polos de una batería. La segunda es que sientan el paso de corriente eléctrica en su cuerpo y asocien la diferencia de potencial como productora de corriente eléctrica.</p>
		10	en equipos	clase	<p>Reunirse en equipos de 5 y entregar una hoja por equipo donde describan ¿Qué se necesita para que exista corriente eléctrica? Describe lo que sienten al colocar la pila en la lengua.</p>
		25	grupo	clase	<p>Pedir unas pilas y un ventilador en el laboratorio. Hacer que un ventilador y se observe el giro del ventilador.</p> <p>Con este experimento es posible que los estudiantes verifiquen que la corriente eléctrica lleva una dirección.</p>
			equipos	tarea	<p>Por equipo construirán vasos comunicantes con mangueras de diferentes diámetros y longitudes.</p>
4	Resistencia eléctrica	20 min	equipos	clase	<p>Usando los vasos comunicantes que trajeron, cuestionarlos sobre el flujo del agua dentro de la manguera y el tiempo que tarda en pasar de un vaso a otro, dependiendo del diámetro de la manguera y la longitud de la misma.</p>

		30	equipos	clase	<p>Por equipo, traer alambres de diferentes tipos, longitudes y grosores, además traer un lápiz con punta en ambos extremos y una puntilla de lapicero. En el laboratorio de física se les proporcionara un foco, una pila, pinzas caimán y los milímetros</p>  <p>Los estudiantes hacen la conexión abierta como se muestra en la figura. Entre el espacio abierto van colocando los diferentes alambres de uno por uno y observan la intensidad de la luz del foco y se mide la corriente eléctrica del circuito y el voltaje en el foco. También conectan el lápiz y la puntilla y otros materiales aislantes proporcionados en el laboratorio.</p>
5	Circuitos en serie y en paralelo	50	equipos	laboratorio	<p>En la mesa de laboratorio estarán dispuestos dos circuitos por equipo que mostrarán dos focos en serie y dos en paralelo. Mostrándoles la simbología de los esquemas de circuitos, se les pide que dibujen los esquemas sobre la mesa en una hoja de trabajo, escriban cual creen que esta en serie y cual en paralelo, escriban con sus palabras lo que es serie y lo que es paralelo, y contesten las siguientes preguntas ¿Qué foco va a tener mayor intensidad luminosa? ¿En cuál de los circuitos se tiene mayor corriente? ¿Cuál foco tiene mayor voltaje? Si se retira un foco del circuito en serie ¿Qué le pasa al otro? ¿Y en el paralelo? Una vez contestadas las preguntas, comenzar a experimentar con los circuitos.</p>

6	Reafirmación	30 min	grupo	salón	Para unificar los conocimientos del grupo, se pretende hacer una discusión sobre las ideas principales que sirva para aclarar las dudas tanto de los experimentos como para socializar las observaciones de los equipos.
	Conexiones mixtas	20 min	equipo	salón	Se pretende que se haga un análisis de algunas otras posibles combinaciones de circuitos, como las que se muestran a continuación y que predigan algunos de los resultados sobre los voltajes, y corrientes en distintos puntos sobre el circuito. En una actividad grupal, el docente propondrá distintas combinaciones de 4 focos y se hará una lluvia de ideas para explicar lo que ocurriría si un foco se fundiera, qué le pasaría al brillo, la corriente eléctrica y el voltaje en cada una. Las observaciones se corroboraran con un circuito armado
			individual	tarea	Post-test en plataforma

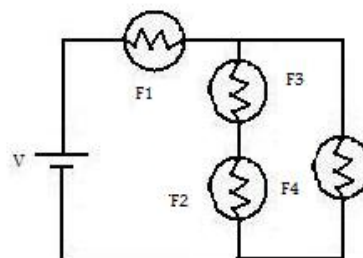


Tabla 1. Descripción de la secuencia didáctica basada en experimentos demostrativos.

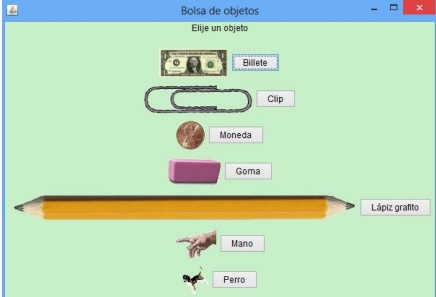
3.2.2 Secuencia didáctica basada en simulaciones interactivas.

Para la secuencia didáctica basada en simulaciones también se utilizó la estructura de Orlaineta (2011) como guía. En las sesiones dentro del aula, se utilizaba un proyector con la simulación y los representantes de los equipos manipulaban la simulación para que todo el grupo observara la evolución del mismo. En actividades de tarea, los estudiantes descargaron la simulación y realizaron las actividades siguiendo un documento de guía

con indicaciones y preguntas que tenían que devolver al docente contestado individualmente.

Los grupos que usaron simulaciones también contestaron el pre-test antes de iniciar la secuencia didáctica. A partir de esa sesión se realizaron las actividades contenidas en la tabla 2:

sesión	tema	tiempo	como	donde	Descripción
1	Introducción	15 min	equipo	salón	En la sala audiovisual se abre la simulación de kit de circuitos eléctricos y se pide que pasen representantes de los equipos para que logren prender un foco en la simulación. En equipos se les pide que identifiquen cuales son los componentes básicos de un circuito y él porque es importante cada uno de ellos. Lo escriben en un documento por equipo para entregar, junto con el dibujo del circuito conectado.
		10 min	grupala	salón	Se observa la simulación en la computadora del foco y en conjunto del todo el grupo se identifican las partes elementales en una tabla y se analiza su importancia.
	Diferencia de potencial	25 min	maestro y grupala	salón	Usando la simulación de campo eléctrico y su semejanza con campo gravitacional, se les recuerda que es la energía potencial y como genera un movimiento cuando hay una diferencia de energía potencial. Un objeto ¿Hacia dónde se va a mover? ¿Quién proporciona esa diferencia de potencial en los circuitos? Toda la explicación se apoya con la simulación, participación grupala e imágenes.
2	Diferencia de potencial	15 min	equipos	clase	Usando la simulación de kit de circuitos, preguntarles a los estudiantes, ¿Cómo puedo lograr un voltaje mayor conectando más de una sola pila? Estudiantes participan manipulando la simulación. Llevar artículos que usen pilas en serie y otros en paralelo para ver cuál es la razón de que se conecten así. Termina con notas en el pizarrón de las conclusiones.
	Corriente eléctrica	35 min	maestro y grupala	clase	Por medio de una presentación, las simulaciones y ejemplos, se llegara a la definición de intensidad de corriente eléctrica, sus unidades, que tiene una dirección, y de los cuidados que hay

					que tener en casa con los aparatos eléctricos.
3	Resistencia eléctrica	15 min	equipos	salón	<p>Por medio de preguntas generadoras:</p> <p>¿Puede prender un foco si al conectarlo uso un cable de oro? ¿Y si fuera una tira de plástico? ¿Y si fuera el grafito de un lápiz? ¿Quién es más fácil que conduzca corriente, una moneda, una goma o un lápiz? ¿Qué hace diferentes a estos tres materiales?</p> <p>Se presenta la simulación de kit de construcción de circuitos y se muestran su hipótesis</p>  <p>Los estudiantes construyen un circuito abierto en la simulación y colocan en esa sección abierta de uno a uno los materiales que se muestran en la imagen y observan con cual el foco enciende y con qué intensidad. Se reunión en equipos y entregan un documento con sus conclusiones.</p>
		10 min	grupo	salón	<p>Usando la simulación de resistencia eléctrica que los estudiantes participan en equipos para identificar las magnitudes de las que depende la resistencia eléctrica de los cables (el diámetro del cable y su longitud).</p>
		25 min	equipo	salón	<p>Se les pide que otra vez por equipo contesten lo siguiente: Dibuja un foco y su filamento. Analiza el filamento ¿Qué características tiene el filamento de las relacionadas con la resistencia? ¿Su resistencia es pequeña o grande? ¿Por qué un filamento requiere tener esas características?</p> <p>Se discuten las respuestas grupalmente al final de la sesión.</p>

			tarea	individual	<p>Usando el kit de construcción de circuitos, construir un circuito en serie con dos y tres focos, contestando preguntas referentes a ¿Qué paso con la intensidad luminosa de los focos en cada caso? ¿Dónde crees que haya mayor intensidad de corriente eléctrica? Si eliminas un foco del circuito en serie, ¿Qué le pasa al resto? Se les pide que midan corriente y voltaje en algunos puntos del circuito.</p> <p>Se utiliza para esta actividad un documento guía enviado por plataforma a los estudiantes en el cual deben ir introduciendo respuestas, imágenes y valores.</p>
4	Ley de Ohm	20 min	grupo	clase	Usando la presentación de ley de ohm y la simulación interactiva, se les cuestiona numéricamente para entender el modelo.
	Circuitos en serie.	30 min	grupo	clase	Una vez que se les han mostrado la forma esquemática de los componentes de un circuito, pasar a un estudiante a construir un circuito en serie con tres focos en la simulación. Presentación de las características de un circuito en serie por medio de preguntas generadoras, lluvia de ideas y discusiones en los equipos de trabajo.
	Circuitos en paralelo		individual	tarea	Usando el kit de construcción de circuitos, construir un circuito en paralelo con dos y tres focos, contestando preguntas referentes a ¿Qué paso con la intensidad luminosa de los focos en cada caso? ¿Dónde crees que haya mayor intensidad de corriente eléctrica? Si eliminas un foco del circuito en serie, ¿Qué le pasa al resto? Se les pide que midan corriente y voltaje en algunos puntos del circuito.
5	Circuitos en paralelo	50	grupo	clase	Con la misma metodología que circuitos en serie, en paralelo pasar un estudiante, se medirán las variables y se hablaran sobre sus características.

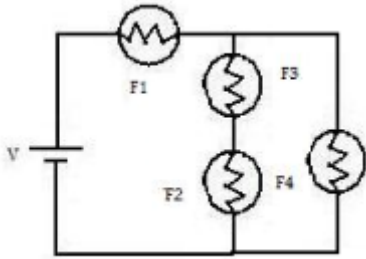
			individual	tarea	Elaboración individual de un mapa sobre circuitos eléctricos, que contenga las magnitudes física de voltaje, corriente eléctrica y resistencia eléctrica, y las características de los circuitos en serie y paralelo.
6	Circuitos	10 min	equipos	salón	comparan sus mapas
		10 min	grupo	salón	Para unificar los conocimientos del grupo, se pretende hacer una discusión sobre las ideas principales que sirva para aclarar las dudas.
	Circuitos mixtos	30 min	Equipo	Salón	<p>Se pretende que se haga un análisis de algunas otras posibles combinaciones de circuitos, como las que se muestran a continuación y que predigan algunos de los resultados sobre los voltajes, y corrientes en distintos puntos sobre el circuito.</p> <p>En una actividad grupal, el docente propondrá distintas combinaciones de 4 focos y se hará una lluvia de ideas para explicar lo que ocurriría si un foco se fundiera, qué le pasaría al brillo, la corriente eléctrica y el voltaje en cada una. Las observaciones se corroboraran con un circuito armado en la simulación.</p> 

Tabla 2. Descripción de la secuencia didáctica basada en simulaciones interactivas

3.3. Resolución de problemas: Tutores inteligentes

Las últimas 4 sesiones de las secuencias didácticas están destinadas a la resolución de problemas en serie, paralelos y mixtos. Los problemas se obtuvieron del libro de texto llevado por los estudiantes: Montiel, P. (2012), Física 2, segunda reimpresión, editorial Patria. pp 194-204.

Los grupos resolvieron problemas semejantes, con el mismo nivel de complejidad, pero no precisamente la misma cantidad, En promedio cada grupo resolvió 12 problemas. Dos de los grupos siguieron una secuencia de resolución de problemas clásica, que consiste en una sesión donde el docente resuelve varios problemas representativos a manera de explicación del procedimiento. En la segunda sesión los estudiantes empiezan a resolver todos los problemas que tiene el libro de manera individual, pero pueden acudir a compañeros o el mismo docente si tiene dudas. El resto de los problemas se dejan de tarea y en la tercera sesión se revisan, para ello algunos estudiantes son seleccionados para pasar al pizarrón y resolverlos. Al final de la sesión los estudiantes resuelven un último problema mixto a manera de reforzamiento. En la última sesión se aplicó el test de problemas, el cual se describirá de manera más detallada en la sección de instrumentos de evaluación. Los grupos que siguieron esta secuencia fueron uno del grupo experimental y otro de simulación, los grupos EXP1 y SIM1. La selección de los grupos fue al azar.

Los grupos EXP2 y SIM2 siguieron una secuencia de resolución de problemas usando Tutores Inteligentes. Los tutores usados fueron diseñados por Félix Hernández Godínez (Hernández, 2012), los cuales consisten en ocho tutores con problemas de circuitos eléctricos conectados en serie, paralelo y mixtos. Los tutores se subieron a la plataforma educativa de la institución MOODLE. Para acceder a los tutores los estudiantes iniciaban sesión en la plataforma vía internet y entraban al curso de Física 2. Inmediatamente se encontraban con una tarea llamada circuitos, al darle clic aparecía el primer tutor, y al resolverlo aparecía el segundo y así consecutivamente. El tutor consistía en una ventana con el dibujo esquemático de circuito, como se muestra en la Figura 12.

Calcular la resistencia equivalente y la corriente total del circuito

R1

R2

R3

R4

R5

V

Req

Itotal

Hint

Terminado

Hint: Recuerde las resistencias estan conectadas en serie.

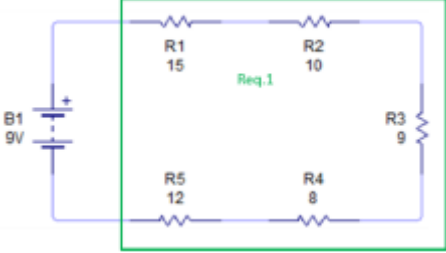
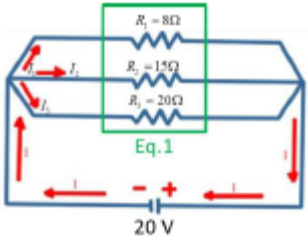
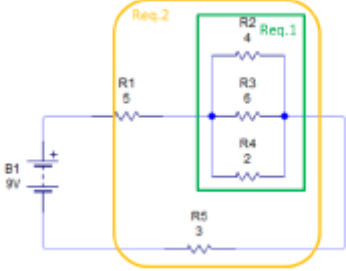

get next hint

Figura 12. Ventana de uno de los tutores utilizados.

Los estudiantes debían ir colocando los valores de las resistencias, resistencias equivalentes, voltaje e intensidad de corriente total en las cajas de valores que se encuentran a la izquierda del tutor. Si el valor introducido es correcto, este se coloreará verde, si es incorrecto se pondrá de color rojo. El tutor no permitirá que el estudiante continúe resolviendo el problema si coloca un valor que este en rojo. Por lo que se debe de corregir el error primero. Si el estudiante tiene dudas o no sabe qué valor debe colocar en alguna de las cajas, puede presionar en triangulo verde de “Hint” en la parte superior derecha del tutor y un mensaje de texto aparecerá en la parte inferior. El mensaje es guiar al estudiante en la resolución del problema con enunciados como “recuerda que las resistencias están conectadas en serie”. Si ese enunciado sigue sin ayudar al estudiante, puede darle clic en una flecha en la parte de abajo del mensaje que dice “get next hint” y aparecerá otro mensaje, por ejemplo “las resistencias en este caso se suman”. El estudiante puede presionar esta flecha tantas veces necesite y diferentes mensajes irán apareciendo, según como el tutor haya sido programado. Cuando los mensajes hayan terminado, el último dirá el valor que el estudiante debe colocar en la caja, por ejemplo “introduzca el valor 54”. De manera que el tutor no frene la resolución del problema en ningún momento. Cuando todas las cajas tengan los resultados correctos, el estudiante da clic en el botón “Terminado” y aparecerá el siguiente tutor, que tiene el mismo proceso de resolución.

Se usaron ocho tutores con diferentes grados de dificultad. La forma en que se fueron presentados a los estudiantes fue de menor a mayor grado de dificultad, iniciando con

tutores que solo eran conexiones en serie y luego en paralelo, para después pasar a los mixtos. Los tutores usados se describen en la tabla 3.

Tutor	Descripción del problema
	<p>El primer tutor corresponde a un circuito eléctrico en serie, que corresponde al problema más sencillo. Pedagógicamente iniciar con este problema da seguridad al estudiante y confianza para seguir con el resto de los problemas.</p>
	<p>Este tutor es un circuito en paralelo, el cual también debe representar poca dificultad para el estudiante.</p>
	<p>Este circuito ya presenta un poco de complejidad. Se trata de un circuito mixto donde primero deben identificar las resistencias que están conectadas en serie o en paralelo y sacar una primera resistencia equivalente, para después calcular la resistencia equivalente total. Los cuadros de colores en los tutores ayudan a identificar el orden en que deben resolver este problema.</p>
	<p>Este problema es muy semejante al anterior, lo que se busca es que el estudiante vaya adquiriendo habilidad para identificar resistencias conectadas en serie y paralelo y aplicar el proceso de resolución.</p>

	<p>Es este tutor se observa que el número de resistencias y conexiones va a aumentando, por tanto la complejidad de resolución también aumenta. El estudiante debe iniciar con las resistencias dentro del recuadro verde, las cuales están en serie, enseguida continuar con las resistencias dentro del recuadro azul, que incluye el resultado pasado. Estas resistencias están en serie. Finalmente, el recuadro rojo usa la resistencia equivalente azul, que está en serie con el resto. Esto finalmente dará la resistencia total equivalente de todo el circuito.</p>
	<p>Aumenta la cantidad de resistencias y conexiones. En este tutor los estudiantes deben resolver seis resistencias equivalentes e identificar si las conexiones son en serie o en paralelo.</p>
	<p>Este séptimo tutor no es tan complejo como el anterior. Aquí la intención es que el estudiante practique y reafirme la metodología del cálculo de las resistencias equivalentes y la corriente del circuito.</p>

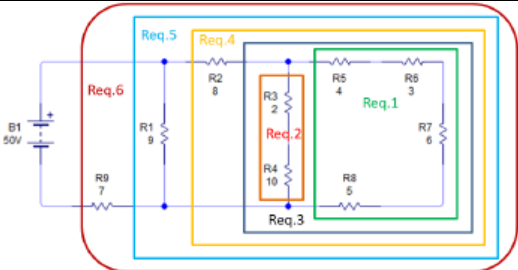
	<p>Finalmente, el octavo tutor tiene nueve elementos resistivos y, por tanto, una geometría un tanto compleja para su resolución. Como lo indican los cuadros de colores, se tienen que calcular seis resistencias equivalentes para poder obtener el valor de la resistencia total del circuito y de ahí la intensidad de la corriente eléctrica.</p>
---	--

Tabla 3. Descripción de los tutores usados en la secuencia didáctica.

De igual forma que los otros dos grupos, la secuencia que incluía tutores inteligentes inicio con una exposición magistral por parte del docente, pero en este caso los problemas muestra fueron explicados a partir de un tutor inteligente desde la plataforma mostrado a todo el grupo mediante un proyector. Durante la sesión también se fueron explicando las características del tutor inteligente, para que los estudiantes supieran como usarlos. Al final de esa sesión se les pidió de tarea a los estudiantes entraran a la plataforma y verificaran que tenían acceso a los tutores que estaban ahí y se les pidió que comenzaran a resolverlos. Para ello, los estudiantes debían pasar los problemas del tutor a la libreta e ir resolviéndolos a la par. En la sesión dos, los estudiantes resolvieron problemas en el salón de forma clásica, pasando los problemas del libro a su libreta, resolviéndolos individualmente, teniendo la opción de preguntarle a alguno de sus compañeros en caso de tener dudas o al mismo docente. De tarea se les pidió que terminaran con los tutores inteligentes en plataforma. La tercera sesión fue de resolución de dudas y pasar algunos estudiantes al pizarrón a resolver más problemas. Finalmente, en la última sesión se les aplicó el mismo test de resolución de problemas que resolvieron los otros grupos.

3.4. Instrumentos de Evaluación

Tres características se quieren evaluar en esta investigación, por ello se tiene tres instrumentos de evaluación diferentes:

- Un test basado en el inventario de conceptos "The Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE)" para usarlo como pre-test, pos-test y test de retención en el cálculo de la ganancia conceptual normalizada para comparar la eficacia de las

herramientas usadas en cada una de las secuencias didácticas, las simulaciones interactivas y los experimentos demostrativos.

- Un examen de cinco problemas para comparar la habilidad para su resolución en los estudiantes que usaron tutores inteligentes para la instrucción los que no los utilizaron.
- Un diferencial semántico para conocer la opinión de los estudiantes respecto a las herramientas usadas (simulaciones, experimentos y tutores).

A continuación se describirá de manera detallada cada una de las herramientas usadas.

3.4.1 Pre-test, post-test y test de retención

Para evaluar los conceptos físicos los estudiantes contestaron un pre-test antes de iniciar con la secuencia, un post-test cuando finalizaron la secuencia didáctica y un test de retención dos semanas después de finalizar la secuencia didáctica. Los tres test fueron el mismo, un test basado en el inventario de conceptos del proyecto The Workshop Physics de la Universidad de Oregon, llamado "The Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE)" que fue elaborado por David Sokoloff en 1998 (Sokoloff, 1998). El ECCE contiene 45 preguntas de opción múltiple de temas de electricidad y magnetismo, esencialmente cualitativas. El test utilizado en la investigación es una adaptación de este inventario que solo contiene 12 preguntas que corresponden a los temas de circuitos eléctricos, traducidos al español por Orlaineta (2011) con 6 opciones múltiples.

Los tres test fueron contestados en la plataforma educativa como una tarea del curso. El pre-test se presentó ante los estudiantes como una evaluación diagnóstica antes del tema para disminuir el estrés generado por el grupo. Se les comentó que el resultado del test no afectaría su calificación pero que si lo haría el no hacerlo. Esto debido a que la realización de los test se pidió como tarea, y los estudiantes debían resolverlos en sus casas a través del internet. Para evitar que los estudiantes intentaran buscar las respuestas correctas en internet, se les dio tiempo de 40 minutos para realizarlo considerando que es el tiempo reportado por Orlaineta que invierten los estudiantes en resolverlo. La plataforma educativa presenta las preguntas en desorden, así como las respuestas para cada estudiante, en cada uno de los test. Las respuestas se guardan en la plataforma y el docente puede descargarlas al final en un archivo Excel, mismo que fue usado en la investigación

para el análisis de los datos. En ningún momento los estudiantes supieron cuales habían sido los resultados en los test.

El análisis de las preguntas se hará por medio de la ganancia conceptual normalizada de Hake G, que es un valor decimal entre 0 y 1, que usa como datos el porcentaje de respuestas correctas del pre-test S_i (indicando lo que el estudiante ya sabía antes de comenzar con la secuencia) y el porcentaje de respuestas correctas del post-test S_f (indicando lo que el estudiante aprendió después de la secuencia), mediante la ecuación:

$$G = \frac{S_f - S_i}{100 - S_i}.$$

De acuerdo con esta propuesta, se puede categorizar los resultados de la instrucción en las llamadas zonas de ganancia de acuerdo al resultado obtenido, de la siguiente manera:

1. Baja, cuando $0 \leq G \leq 0.3$
2. Media, cuando $0.3 < G \leq 0.7$
3. Alta, donde $G > 0.7$

Este análisis se hace también usando los resultados del test de retención, para saber que ganancia conceptual conservo el estudiante después de dos semanas de haber terminado la secuencia, y continuar con temas diferentes en la clase de física.

El test usado se adjunta en el **Anexo 1**.

3.4.2 Factor de Concentración

En enseñanza, cuando hacemos investigación basada en test, podemos utilizar el factor de concentración para hacer más comprensible la evaluación del desempeño de los estudiantes y la efectividad de la instrucción. Tradicionalmente, el desempeño de los estudiantes es evaluado con el score de la evaluación. El problema es que cuando los estudiantes tienen una baja puntuación, la información sobre cómo los estudiantes responden mal una pregunta no se ve reflejada en este valor numérico. Esta información a menudo es la pista más importante para mejorar las estrategias de enseñanzas.

El Factor de Concentración C es una medida que permite obtener la distribución de las respuestas en un test de opción múltiple. Los rangos de valor del Factor de Concentración van del 0 al 1, donde el valor más grande representa la respuesta con mayor concentración.

Este factor se basa en la idea de que las respuestas de los estudiantes a un test pueden considerarse como las salidas de la aplicación de uno o varios de sus modelos dentro de varios contextos físicos. Si los estudiantes tienen algún modelo físico consistente, las respuestas deberán estar más concentradas en una de las opciones del test y representará al modelo en cuestión. Por otro lado, si no tiene ningún modelo, o tienen una gran variedad de modelos, sus respuestas estarán distribuidas aleatoriamente entre todas las opciones (Lei Bao, 1999).

Cuando comparamos los resultados del Pre-test y Post-test, la variación en los patrones que surgen de combinar el factor de concentración y la puntuación pueden proporcionar más información que sólo la variación de la puntuación o una medida del desempeño de los estudiantes, también indica si los estudiantes tienen ideas previas dominantes e indica cómo evoluciona el estado de los estudiantes con la instrucción.

Los patrones usan los indicadores L para Low (bajo), M para medium (medio) y H para High (alto), para hacer referencia a la puntuación y a la concentración, en este orden. Por ejemplo, un patrón LH significa baja puntuación y alta concentración. Los diferentes tipos de respuestas se pueden describir usando las siguientes categorías (Lei Bao, 1999):

Un modelo. La mayoría de las respuestas están concentradas en una sola opción. La situación para considerar es que se tenga un tipo de respuesta LH en la cual los estudiantes tienen un modelo dominante, pero este es incorrecto; o HH en la cual los estudiantes tienen el modelo correcto como dominante.

Dos modelos. La mayoría de las respuestas están centradas en dos opciones, si una de las dos es la respuesta correcta la consideramos como tipo MM; si ambas respuestas son incorrectas se considerará como tipo LM.

Sin modelo. Las respuestas están distribuidas en tres o más opciones. El patrón de respuesta sería LL, esto significa que la mayoría de los estudiantes no tienen preferencia por algún modelo del tema en cuestión, las respuestas estarán distribuidas de forma aleatoria.

Si los resultados son de un Pre-test, por ejemplo, y se tiene un tipo LH, el instructor puede informarse de esos modelos iniciales incorrectos y prepararse para una instrucción adecuada. Si queremos comparar los resultados del Pre y Post-test y el análisis de la variación es de un LL a un LH indica que en la instrucción se tienen ciertos problemas

porque tiende a los estudiantes a una dirección incorrecta. Si se tiene una variación LH a HH entonces se tendrá una instrucción exitosa, pues llevo a los estudiantes al aprendizaje del modelo correcto. Se puede asumir también que una combinación MM significa que la instrucción aún no es exitosa pero va encaminada a ella.

Para cuantificar cada uno de los modelos anteriores se requiere de un esquema de código de tres niveles para el score y el factor de concentración. En la Tabla 4 se muestra el intervalo dentro del cual se encuentran cada uno de los niveles antes mencionados (L, M y H).

Puntuación	Nivel	Concentración	Nivel
0.0-0.4	L	0.0-0.2	L
0.4-0.7	M	0.2-0.5	M
0.7-1.0	H	0.5-1.0	H

Tabla 4. Código de tres niveles para el score y el factor de concentración

Las diferentes combinaciones de la puntuación y la concentración pueden existir solamente dentro de una región limitada dentro del gráfico P-C. La región I representa a los modelos con menor puntuación y menor concentración (LL); la región II muestra los modelos con puntuación y concentración media (LM y MM) y la región III es a la cual se aspira llegar en el post-test (puntuación y concentración altos, HH) para asumir que la instrucción aplicada ha sido la adecuada y se ha aplicado de manera exitosa (Figura 13).

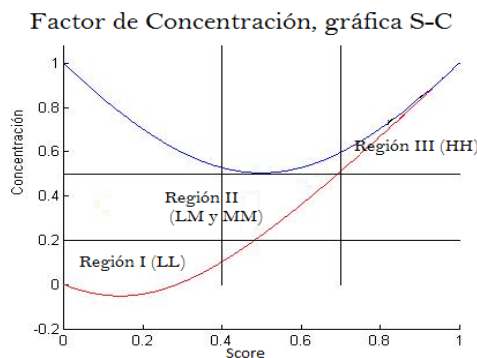


Figura 13. Regiones permitidas del gráfico P-C.

Todos estos elementos son de gran importancia para obtener un análisis más detallado de los tipos de modelos que pueden traer los estudiantes al entrar a un curso de física, pero

también es de vital importancia para medir el nivel de confianza de la estrategia aplicada ya que en el post-test se pueden analizar las variaciones de las respuestas estudiantiles y el modelo que han adquirido durante y al finalizar la instrucción.

3.4.3 Evaluación de resolución de problemas.

Para evaluar el dominio de los modelos matemáticos correspondientes al tema y la habilidad de resolución de problemas se aplicó un test con cinco problemas cuyo nivel de complejidad iba de lo sencillo a lo complicado, parecidos a los problemas resueltos durante la secuencia didáctica. El test contenía un problema con conexión de resistencias en serie, uno en paralelo y tres mixtos. El test lo resolvieron todos los grupos de la investigación durante la última sesión, en el salón de clases. Contaron con 40 minutos para resolverlo y solo se les permitió el uso de calculadora y pluma. Se les dio la indicación de que no borrarán sus errores ni los rayaran, con la intención de poder contabilizarlos e identificarlos en el análisis de los test.

El test de problemas se adjunta en el **Anexo 2**.

3.4.4 Diferencial semántico.

Para evaluar la actitud de los estudiantes hacia las herramientas utilizadas se les solicitó que completaran una pequeña evaluación empleando un diferencial semántico propuesto por Orlaineta (2012), el cual consiste en adjetivos favorables y desfavorables mezclados a ambos lados del documento, como se muestra en la Tabla 5.

¿Cuál es tu opinión sobre el empleo de _____ para aprender conceptos de Física?								
Marca con una cruz el espacio que mejor indique tu opinión.								
Aburrido	1	2	3	4	5	6	7	Divertido
Fácil	1	2	3	4	5	6	7	Difícil
Inútil	1	2	3	4	5	6	7	Útil
Importante	1	2	3	4	5	6	7	Sin importancia
Incomprensible	1	2	3	4	5	6	7	Comprensible
Ahorra tiempo	1	2	3	4	5	6	7	Consume mucho tiempo
Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	Agradable

Tabla 5. Diferencial semántico para evaluar la actitud de los estudiantes hacia las herramientas usadas en la secuencia didáctica.

En la línea vacía en la parte superior del documento los estudiantes debían colocar el nombre de la herramienta que iban a evaluar. En el caso de los grupos EXP1 y EXP2, evaluaron el uso de experimentos demostrativos. Los grupos SIM1 y SIM2, evaluaron el uso de las simulaciones interactivas. Y los grupos EXP2 y SIM2 evaluaron también el uso de los tutores inteligentes. El diferencial semántico lo contestaron un día después de terminada la secuencia didáctica, en el salón de clase.

Capítulo 4 Análisis de Resultados

A continuación se muestran los resultados y el análisis de los datos obtenidos. Primero se presenta la ganancia conceptual normalizada usando los resultados del pre-test y el pos-test. Se inicia con una descripción de la ganancia promedio obtenida en los cuatro grupos, para pasar a la descripción detallada de la ganancia en cada una de las doce preguntas de los test. Enseguida se tiene la ganancia conceptual obtenida en la comparación de pre-test con el test de retención, para comparar que grupos recuerdan los conceptos que fueron parte de la secuencia didáctica dos semanas después de haber culminado. También se realizaron las gráficas S-C del factor de concentración y se describen sus resultados. El test de ejercicios se evaluó mediante una rúbrica y los resultados y su análisis se detallan en esta sección. Finalmente se habla sobre la opinión de los estudiantes sobre las herramientas utilizadas en la secuencia didáctica: simulaciones interactivas, experimentos demostrativos y tutores inteligentes, por medio de los resultados obtenidos de los diferenciales semánticos aplicados.

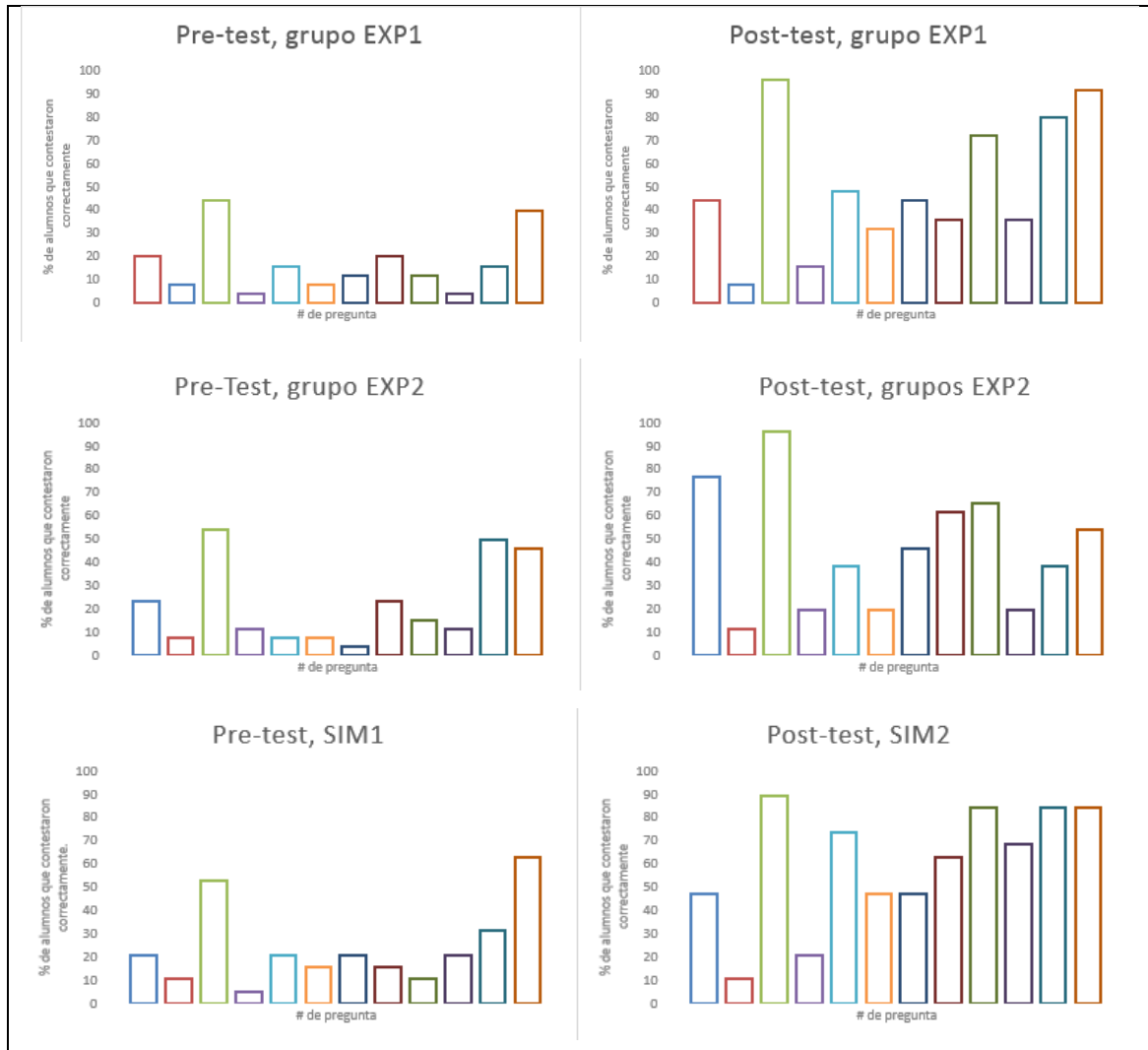
4.1 Análisis de la ganancia conceptual normalizada de pre-test, post-test y el test de retención

Una vez que se tienen el pre-test, el pos-test y test de retención de los cuatro grupos, se procedió a hacer el análisis de los resultados de los alumnos. Los resultados de esta sección se presentaran en dos partes, primero usando solo el pre-test y el post-test de los cuatro grupo, y en la segunda sección se incluirá en test de retención. Esto se debe a que muy pocos alumnos contestaron el último test. Todos los test los alumnos lo resolvieron como una actividad de tarea dentro del curso. Mientras que el pre-test y el post-test eran actividades dentro de la secuencia didáctica de la investigación, el test de retención se había encargado dos semanas después de finalizada la secuencia, justo en el cierre de semestre de la institución y cuando los exámenes finales de los alumnos y habían comenzado. Es posible que esto haya generado el bajo interés de los alumnos por realizar este último test y solo un promedio de once alumnos por grupo lo contesto. Se

considera que los alumnos que contestaron el test de retención son los alumnos más responsables del cada grupo, por lo que, a pesar de ser muy pocos alumnos, estos tienen el mismo perfil, y se puede hacer una comparación representativa entre los resultados de los test para evaluar la eficacia de retención de las herramientas de la investigación.

4.1.1 ganancia conceptual normalizada usando pre-test y post-test

La ganancia conceptual se calculó usando los resultados del pre-test y el post-test, los cuales se muestran en la Fig. #. Esta figura contiene gráfica de barras que indican el porcentaje de alumnos que contesto correctamente cada una de las preguntas en cada test. Como se observa, se tiene una mejora evidente entre los resultados del post-test, ya que se tienen porcentajes más alto de alumnos que contestaron correctamente en la mayoría de las preguntas.



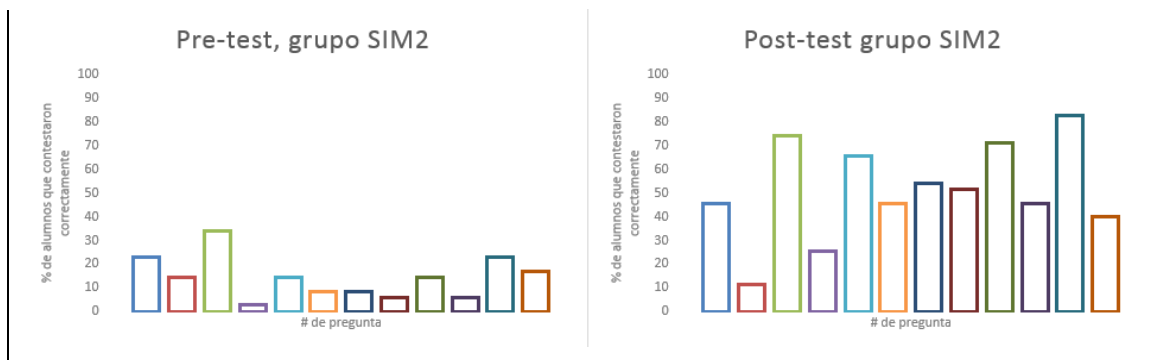


Fig. # Graficas que muestran el porcentaje de alumnos que contestaron correctamente el post-test y el pre-test, con el fin de comparar ambos exámenes para los grupos participantes en la investigación.

Usando la formula de ganancia conceptual normalizada de Hake para los cuatro grupos, se realizó la siguiente tabla de resultados. Están coloreadas de naranja las celdas cuya ganancia está en el rango de $0 \leq G < 0.3$, que corresponden a la zona de ganancia baja de acuerdo a Hake; las celdas color azul corresponden a la zona de ganancia normal para las estrategias activas, con valores de ganancia de $0.3 \leq G < 0.7$; y las celdas con ganancia conceptual alta, con $G \geq 0.7$ están de color verde.

Pregunta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
	G Hake	G Hake	G Hake	G Hake
1	0.3	0.74	0.33	0.3
2	0	0.04	0	-0.03
3	0.93	0.92	0.78	0.61
4	0.13	0.09	0.17	0.24
5	0.38	0.35	0.67	0.6
6	0.26	0.13	0.38	0.41
7	0.36	0.46	0.33	0.5
8	0.2	0.53	0.56	0.48
9	0.68	0.62	0.82	0.67
10	0.33	0.09	0.6	0.42
11	0.76	-0.2	0.77	0.78
12	0.87	0.15	0.57	0.28
G Hake promedio	0.43	0.33	0.5	0.44

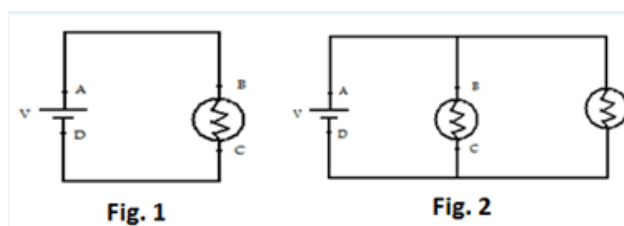
Como se observa, todos los grupos obtuvieron una ganancia promedio dentro del rango reportado para metodologías activas que es de 0.3 a 0.7. Por lo que se puede decir que los resultados fueron satisfactorios para todos los grupos. Además también es evidente que los valores de la ganancia conceptual para los grupos son muy parecida. Mientras los grupos EXP1 y SIM2 tienen ganancias de 0.43 y 0.44, los grupos EXP2 y SIM1 tienen ganancia de 0.33 y 0.34 respectivamente. Estos resultados sugieren que ambas estrategias tienen la misma eficiencia.

La tabla también muestra que la mayoría de las preguntas tienen una ganancia normalizada dentro del rango normal para secuencias didácticas activas, pues la mayoría son de color azul, una minoría están de color verde, con una ganancia alta y algunas color rosa, con ganancia baja. A continuación se hará un análisis pregunta a pregunta, y la comparación con los cuatro grupos.

Pregunta 1

La primera pregunta hace referencia al comportamiento de la intensidad de corriente eléctrica a través de un elemento eléctrico conectado en paralelo, comparada con uno conectado en forma simple. La pregunta se presentó como sigue:

Compara la corriente que circula a través del foco entre los puntos B-C en la Fig. 2 contra la corriente en los mismos puntos en la Fig. 1.



- El valor de la intensidad de corriente a través de B-C es el doble en la Fig. 2.
- El valor de la intensidad de corriente a través de B-C es mayor en la Fig. 2, pero no necesariamente el doble.
- La corriente en ambos casos es igual.
- La intensidad de corriente que pasa entre los puntos B-C en la Fig. 2 es la mitad.
- La corriente que pasa entre los puntos B-C en la Figura 2 es menor, pero no necesariamente la mitad.
- No sé.

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de alumnos que eligieron cada una de las opciones de respuestas en el post-test. Se utilizaron porcentajes en lugar de número de alumnos ya que los grupos tienen diferente cantidad de alumnos.

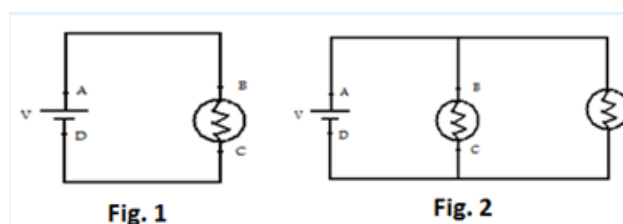
Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	0	0	0	2.9%
B	12%	0	15.8%	8.6%
C	44%	77%	47.4%	45.7%
D	20%	11.5%	26.3%	22.9%
E	24%	7.7%	10.5%	20%
F	0	3.8%	0	0
Valor de G	0.3	0.74	0.33	0.3

Como se puede observar, el grupo EXP2 tiene una ganancia conceptual muy superior al de los otros tres grupos, mientras que los demás tienen valores prácticamente iguales. Incluso la variación del porcentaje en la elección de las respuestas es muy semejante en los grupos EXP1, SIM1 y SIM2, concentrando las respuestas incorrectas en los incisos B, D y E, por tanto las ideas previas y la confusión de las características de los circuitos en serie y en paralelos son muy parecidas también. Esta semejanza del valor de la ganancia conceptual de los grupos y la elección de sus opciones de respuesta sugiere que ambas herramientas (simulaciones interactivas y experimentos demostrativos) tienen la misma eficacia para abordar este tópico.

Pregunta 2

La segunda pregunta se pide que comparen la corriente en dos puntos equivalentes de un circuito simple y otro en paralelo. La intención de la pregunta es conocer el comportamiento de la corriente eléctrica en una conexión en paralelo en los cables cercano a la fuente de voltaje. La pregunta y sus opciones de respuesta es la siguiente:

Compara la corriente en el punto A en la Fig.2 contra la corriente en el mismo punto en la Fig.1



- La corriente que pasa por A en la Fig. 2 es la mitad.
- La corriente que pasa por A en la Fig. 2 es mayor, pero no llega al doble.
- La corriente que pasa por A en la Fig. 2 es menor, pero no necesariamente la mitad.

- d) La corriente que pasa por A en la Fig. 2 es el doble.
- e) La corriente en ambos casos es igual.
- f) No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	12.0%	7.7%	10.5%	17.1%
B	12.0%	0.0%	5.3%	5.7%
C	8.0%	19.2%	15.8%	5.7%
D	8.0%	11.5%	10.5%	11.4%
E	60.0%	61.5%	57.9%	57.1%
F	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%
Valor de G	0	0.04	0	-0.03

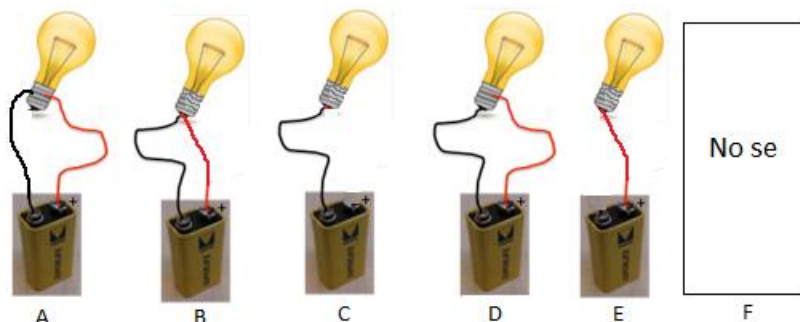
Los resultados de la ganancia conceptual de los tres grupos son prácticamente cero. La respuesta correcta, que corresponde a la D tiene muy poco porcentaje de selección, el cual es el mismo que tiene el pre-test, de ahí que la ganancia sea cero. El grupo SIM2 incluso tiene una ganancia conceptual negativa, indicando que en el pre-test, una mayor cantidad de alumnos (uno) contestaron correctamente la pregunta. Lo que puede ser un indicio de que tenían la idea previa correcta antes de la instrucción, y la actividad dada los confundió o los hizo cambiar de parecer hacia una idea incorrecta desde la perspectiva de la ciencia. Este resultado es semejante al reportado por Orlaineta (2011) en su tesis de maestría, de donde se obtuvieron los experimentos de esta investigación.

Después de la instrucción lo que se observa es una fuerte tendencia a seleccionar la respuesta E, que indica que más de la mitad de los alumnos creen que la intensidad de corriente en ambos casos es la misma, característica que corresponde al tópico de la primera pregunta, la intensidad de la corriente a través de un elemento conectado en paralelo, comparado con uno conecta de forma simple. Por tanto se concluye que ninguna de las herramientas didácticas ayudo a crear la idea correcta de esta característica de las conexiones mixtas en los alumnos, por lo que sigue siendo un área de oportunidad para seguir investigando.

Pregunta 3

La tercera pregunta se refiere a la manera en la que se debe conectar un foco a una pila. El enunciado de la pregunta es el siguiente:

Indica cuál de los siguientes focos encenderá.



Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%
B	4.0%	3.8%	10.5%	11.4%
C	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
D	96.0%	96.2%	89.5%	74.3%
E	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
F	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Valor de G	0.93	0.92	0.78	0.61

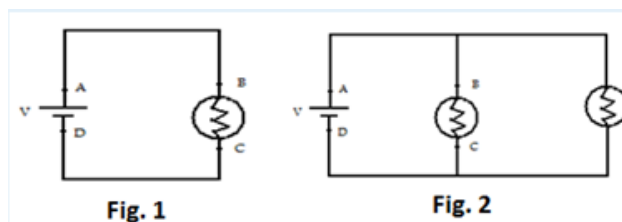
Es importante notar que ningún alumno consideró que al conectar un solo polo a la pila, este encendería. Al inicio de la secuencia, había alumnos que no detectaban un corto circuito y después de la secuencia, el porcentaje de cada grupo disminuyó.

En cuanto a ganancia conceptual, si se nota una diferencia entre los resultados de los experimentos y los de las simulaciones. Mientras que los dos grupos de experimentos muestran una ganancia conceptual alta, y prácticamente igual para ambos, se observa que solo un alumno de cada grupo persistió con su idea previa de solo conectar la pila a uno de los polos del foco. En cambio, para los grupos de simulaciones interactivas, un alto porcentaje continúa con esta idea alternativa. Por tanto se concluye que para esta característica de los circuitos eléctricos, los experimentos demostrativos fueron una herramienta más eficaz.

Pregunta 4

La cuarta pregunta consiste en conocer el valor de la resistencia equivalente en una conexión en paralelo.

¿Cómo es la resistencia total equivalente de la Fig. 1, comparada con la de la Fig. 2?



- a) La resistencia total equivalente es menor en Fig. 2, pero no disminuye pero no a la mitad.
- b) La resistencia total equivalente es la mitad en Fig. 2.
- c) La resistencia total equivalente en Fig. 2 es mayor, pero no al doble.
- d) La resistencia total equivalente en Fig. 2 es el doble.
- e) La resistencia total equivalente es igual en Fig. 2 y en Fig. 1
- f) No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	16.0	30.8	15.8	17.1
B	16.0	19.2	21.1	25.7
C	24.0	11.5	21.1	14.3
D	16.0	23.1	15.8	22.9
E	20.0	15.4	26.3	17.1
F	8.0	0.0	0.0	2.9
Valor de G	0.13	0.09	0.17	0.24

Como se observa, para los cuatro grupos el valor de la ganancia conceptual está en el rango de “bajo”, lo cual indica que este conocimiento requiere de una mejor estrategia de aprendizaje. A pesar de ello, se aprecia que simulaciones presenta una mejora sobre experimentos demostrativos, con una ganancia de 0.24 y 0.17, sobre la de 0.13 y 0.09. El grupo EXP2 tiene la ganancia más baja de los tres, a pesar de que el porcentaje de respuesta de la pregunta correcta es mayor que el del EXP1, esto se debe a que la ganancia conceptual depende también del el porcentaje de respuesta de los alumnos en el pre-test, y un porcentaje muy parecido de alumnos selecciono esa respuesta en el pre-

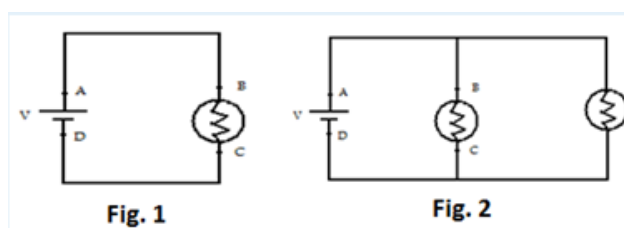
test en el grupo EXP2 (Ver Fig. #), por ello la ganancia es casi cero, pues no mejoró el entendimiento de resistencia equivalente en un número mayor de estudiantes, se quedó igual.

Al analizar el porcentaje de selección de las opciones de respuesta a la pregunta se observa que no existe una tendencia hacia una de ellas, todas tienen un porcentaje semejante. Por tanto, es difícil encontrar un indicio de que se puede modificar en la actividad de este tema en la secuencia para lograr un entendimiento adecuado, por la diversidad de percepciones del concepto de los alumnos. En conclusión se tiene que a pesar de que todos los grupos tuvieron un índice de ganancia bajo en este concepto, las simulaciones tienen un leve ventaja conceptual sobre los experimentos, por lo que convendría seguir indagando con el uso de esta herramienta para diseñar una mejor actividad que si genere la construcción adecuada del conocimiento en los alumnos.

Pregunta 5

Esta pregunta se refiere al comportamiento del voltaje eléctrico en la conexión en paralelo de componentes eléctricos. La pregunta se presentó como sigue:

Compara la diferencia de potencial o voltaje a través del foco puntos B y C en la Fig. 2, contra la diferencia de potencial o voltaje en la Fig. 1 en los mismos puntos.



- La diferencia de potencial es más grande en Fig. 2, pero no llega al doble.
- La diferencia de potencial es el doble en Fig. 2.
- La diferencia de potencial es igual en Fig. 2 y en Fig. 1.
- La diferencia de potencial es la mitad en Fig. 2.
- La diferencia de potencial es menor en Fig. 2, pero no disminuye a la mitad.
- No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	8.0	11.5	21.1	0.0
B	8.0	7.7	0.0	11.4

C	48.0	38.5	73.7	65.7
D	16.0	30.8	5.3	17.1
E	16.0	3.8	0.0	5.7
F	4.0	7.7	0.0	0.0
Valor de G	0.38	0.35	0.67	0.6

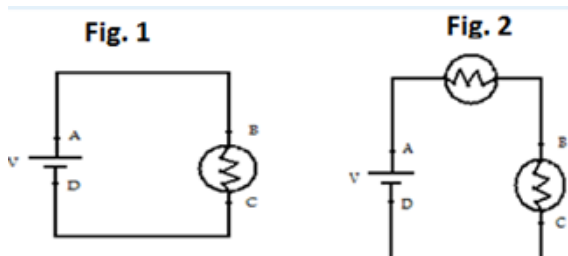
Los resultados muestran que los grupos que usaron simulaciones tienen una ganancia más alta que los que usaron experimentos, así como también un porcentaje mayor de alumnos que contestaron la pregunta correctamente.

Hay un porcentaje que resalta en la opción D para el grupos EXP2, que corresponde a la característica de una conexión en serie y no en paralelo, como elemento distractor entre las opciones. Esta opción tiene un porcentaje casi igual que el de la opción correcta C, lo que puede indicar que en este grupo no está muy clara la diferencia entre una conexión en serie y una en paralelo. En el grupo EXP1 se tiene una variedad de porcentajes semejantes en el resto de las respuestas incorrectas, por lo que no existe una tendencia sobre segunda opción de lección en ese grupo.

Pregunta 6

Esta pregunta hace referencia al comportamiento de la intensidad de corriente eléctrica a través de un elemento eléctrico conectado en serie en un punto equivalente en un circuito básico. La pregunta se presentó como sigue

Compara la corriente que circula a través del foco entre los puntos B-C en la Fig. 2 contra la corriente del en los mismos puntos en la Fig. 1.



- La corriente en ambos casos es igual.
- El valor de la intensidad de corriente a través de B-c es mayor en la Fig. 2, pero no necesariamente el doble.

- c) La corriente que pasa entre los puntos B-C en la Fig. 2 es menor, pero no necesariamente la mitad.
- d) La intensidad de corriente que pasa entre los puntos B-C en la Fig. 2 es la mitad.
- e) El valor de la intensidad de corriente a través de B-c es el doble en la Fig. 2.
- f) No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	32.0	57.7	21.1	14.3
B	0.0	0.0	10.5	0.0
C	24.0	19.2	21.1	25.7
D	32.0	19.2	47.4	45.7
E	8.0	3.8	0.0	14.3
F	4.0	0.0	0.0	0.0
Valor de G	0.26	0.13	0.38	0.41

Los resultados muestran una ventaja conceptual en los grupos que usaron simulaciones sobre los que usaron experimentos, ya que los primeros tienen una ganancia dentro del rango “normal” para actividades activas, mientras que los experimentos demostrativos se encuentran dentro del rango “bajo”. Por los porcentajes de elección de respuesta que tienen los grupos experimentales, una gran parte de los alumnos (32% y 57.7% para EXP1 y EXP2 respectivamente) eligieron la respuesta A, que corresponde a las características de un circuito en paralelo, y una pequeña cantidad de alumnos, pero significativa, eligió la respuesta. También se tiene un porcentaje significativo en la respuesta C, donde se sabe que la intensidad de corriente debe disminuir, pero no se sabe cuánto.

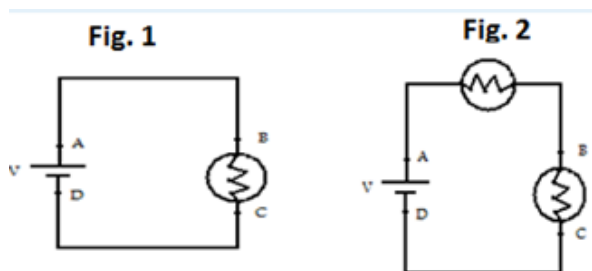
La ventaja que presentan las simulaciones pueden estar relacionadas con la opción que presenta esta herramienta de ver los “electrones” moviéndose a través de los cables en los circuitos, de esta forma los alumnos podían apreciar como disminuía su “velocidad” al aumentar elementos conectado en serie. En cambio, en los grupos de experimentos demostrativos se abarcó el tema de corrientes con la analogía hidráulica, y el de conexiones en serie conectado directamente focos y midiendo con el multímetro, y solo se tenían valores numéricos en el aparato para corroborar como cambiaba la corriente

eléctrica en cada circuito, por lo que el entender esta característica estaba relacionada con la forma de medir y los posibles errores del aparato.

Pregunta 7

En esta pregunta se cuestiona sobre la resistencia equivalente de un circuito en serie. La pregunta se presentó como sigue:

¿Cómo es la resistencia total equivalente de la Fig. 1 comparada con la de la Fig. 2?



- a) La resistencia total equivalente de Fig. 2 es el doble.
- b) La resistencia total equivalente es la mitad en Fig. 2.
- c) La resistencia total equivalente es menor en Fig. 2, pero no disminuye a la mitad.
- d) La resistencia total equivalente en fig. 2 es mayor, pero no al doble.
- e) La resistencia total equivalente es igual en Fig. 2 y en Fig. 1
- f) No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	44.0	46.2	47.4	54.3
B	8.0	23.1	5.3	5.7
C	4.0	7.7	0.0	5.7
D	36.0	7.7	42.1	17.1
E	8.0	15.4	5.3	17.1
F	0.0	0.0	0.0	0.0
Valor de G	0.36	0.46	0.33	0.5

Los resultados muestran que ambas herramientas didácticas tienen aproximadamente la misma ganancia conceptual, por lo que se puede decir que la eficacia de las simulaciones interactivas y los experimentos demostrativos son equivalentes, y pueden usarse indistintamente para abordar este tema. A pesar de ello, aún queda trabajo por hacer en este tópico pues la resistencia equivalente de un circuito en serie es considerada un

tópico sencillo. Por lo observado en los porcentajes de respuestas, en los grupos EXP1 y SIM1 se reporta un alto porcentaje en la opción D, en la cual se sabe que la resistencia equivalente total en un circuito en serie aumenta al aumentar componentes resistivos, lo cual es solo una idea incompleta del conocimiento deseado, por no saber cuantificar cuanto aumenta. Es posible que esto se debe a que no todos los alumnos dominan el modelo matemático de este concepto cuando no se proporcionan valores numéricos.

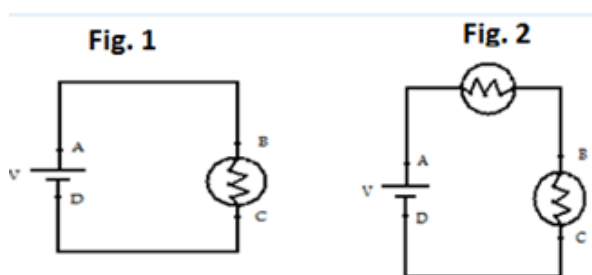
En el grupo EXP2 se tiene un porcentaje del 23% en la elección de la respuesta B, que corresponde a la característica de un circuito en paralelo. Comparando este porcentaje con el que tiene el mismo grupo en la pregunta 4, que también es sobre resistencias equivalentes, se observa que el mismo 23% se equivocó confundiendo los circuitos en serie y en paralelo. Eso significa que aproximadamente una cuarta parte de los alumnos identifica un circuito en serie y uno en paralelo, pero en cuanto a resistencia equivalente, confunde cual característica corresponde a cada uno de los circuitos.

En conclusión, ambas estrategias tienen el mismo grado de eficacia para el aprendizaje de resistencia equivalente en circuitos en serie.

Pregunta 8

En esta pregunta se analiza el valor del voltaje que alimenta uno de los elementos de un circuito en serie, comparándolo con un circuito que solo tiene un foco. La pregunta se presentó como sigue:

Compara la diferencia de potencial o voltaje a través del foco puntos B y C en la Fig. 2, contra la diferencia de potencial o voltaje en la Fig. 1 en los mismos puntos.



- La diferencia de potencial es la mitad en Fig. 2.
- La diferencia de potencial es menor en Fig. 2, pero no disminuye a la mitad.
- La diferencia de potencial es más grande en Fig. 2, pero no llega al doble.
- La diferencia de potencial es igual en Fig. 2 y en Fig. 1.
- La diferencia de potencial es el doble en Fig.
- No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	36.0	61.5	63.2	51.4
B	28.0	11.5	5.3	11.4
C	12.0	7.7	5.3	14.3
D	24.0	3.8	26.3	17.1
E	0.0	15.4	0.0	5.7
F	0.0	0.0	0.0	0.0
Valor de G	0.2	0.53	0.56	0.48

En este tópico se observa que la ganancia conceptual de tres de los grupos es semejante, pero el grupo EXP1 es baja.

La razón por la cual dos grupos que siguieron la misma secuencia didáctica tienen ganancias conceptuales diferentes se debe a la dinámica propia del grupo. Se observa que el grupo EXP1 tiene distribuidos los porcentajes de respuestas casi de forma homogénea en las cuatro primeras opciones de respuesta, por lo que se puede decir que no tienen un modelo del tópico por la variedad de respuestas, mientras que el grupo EXP2 lo tiene. Incluso en el grupo EXP2, el resto de los estudiantes que no contestaron correctamente, en su mayoría eligieron la opción B, en la que saben que el voltaje disminuye, pero no saben cuánto, que es una idea cercana a la deseada. Las actividades fueron las mismas. Este tópico se reforzó al hacer conexión de focos en el laboratorio y medir con los multímetros diferentes puntos. La posible razón de los resultados diferentes puede deberse a la rapidez con la que el grupo EXP1 realizaba las actividades y que los alumnos invertían el tiempo restante de la actividad en hacer más experimentos, más conexiones. Es probable que el realizar estas actividades extras confundiera a los alumnos y los alejara del modelo correcto. Mientras tanto el grupo EXP2, que era más lento en la realización de las actividades, solo hacía lo solicitado, el cual era contestar un formulario con las mediciones de las conexiones en los puntos establecidos, y contestando preguntas, y estos documentos estaban pensados para guiar la construcción del conocimiento.

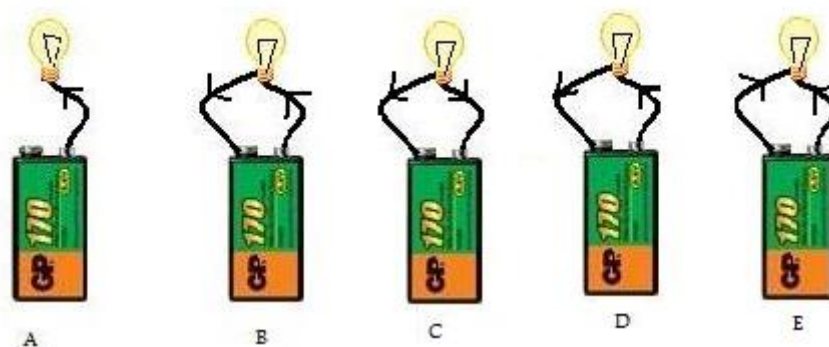
En el caos de las simulaciones, a pesar de tener una ganancia conceptual mayor, se observa un porcentaje importante que selecciono la opción D, la cual dice que el voltaje es el mismo en ambos casos, característica de un circuito en paralelo. Lo que se podría hacer en este caso para mejorar los resultados, es hacer más simulaciones para enfatizar las diferencias entre los circuitos en serie y en paralelo, y en este caso añadirle más mediciones virtuales del voltaje, con el multímetro que la aplicación posee, pues a pesar de que se pensó que este concepto quedaría claro al ver como la intensidad de los focos conectados en serie bajaba al conectar más elementos, posiblemente no lo relacionaron con la disminución en el valor del voltaje.

En conclusión, las simulaciones fueron más eficaces en la comprensión de este tópico, debido a que ambos grupos tienen una ganancia conceptual dentro de la media y con valores muy parecidos, mientras que los grupos de experimentación no y uno de ellos presenta un valor bajo.

Pregunta 9

La pregunta es sobre el comportamiento de la corriente a través de un circuito básico de foco y pila. Una de las ideas previas que tienen los estudiantes, y las personas en general, de que los aparatos eléctricos “consumen” corriente eléctrica. Esta pregunta era acompañada con imágenes y se presentó como sigue:

Elige el enunciado y su imagen correspondiente, que explique correctamente le comportamiento de la corriente eléctrica que circula por el foco.



- La corriente eléctrica sale de un polo de la batería y se consume en el foco.
- La corriente eléctrica sale por uno de los polos de la batería, pasa por el foco y entra la misma corriente por el otro polo.
- La corriente sale del foco y se dirige a ambos polos de la pila.

- d) La corriente eléctrica sale de un polo de la batería, pasa por el foco y vuelve menos corriente a la batería.
- e) La corriente eléctrica sale de los dos polos de la pila y se consume en el foco.
- f) No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	4.0	3.8	0.0	2.9
B	72.0	65.4	84.2	71.4
C	0.0	7.7	0.0	5.7
D	16.0	23.1	10.5	8.6
E	8.0	0.0	5.3	11.4
F	0.0	0.0	0.0	0.0
Valor de G	0.68	0.62	0.82	0.67

Los resultados muestran una ganancia conceptual que indican entendimiento por parte de los alumnos de este concepto en todos los grupos, en especial para el grupo SIM1.

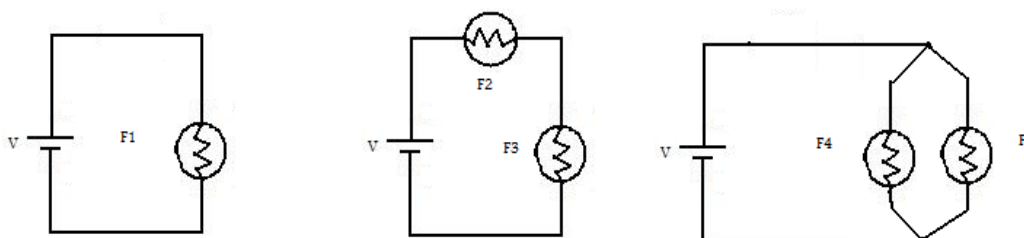
La diferencia conceptual entre los dos grupos de simulaciones llama la atención, pues el grupo SIM1 tiene una ganancia dentro de los intervalos de alto mientras que el grupo SIM2 está en el intervalo dentro del normal para secuencias activas, con una diferencia de 0.15. Esto puede deberse a los cuestionamientos extras que en la mayoría de las sesiones eran generadas en el grupo SIM2. En general los alumnos de este grupo realizaban preguntas que extendían el tema. Algunas preguntas eran constructivas referentes al tema y otras se iban poco a poco alejando del tema que se estaba tratando, por lo que el docente encargado tenía que redireccionar las preguntas de los alumnos de nuevo al tópico. En las sesiones específicas donde se abordó el tema de esta pregunta, los cuestionamientos extras de los alumnos se intensificaron, por ser un tópico que era más reconocido en su experiencia diaria. Debido al tiempo limitado que se tenía para las sesiones, algunas preguntas solo eran respondidas por el profesor de manera rápida, invitando al alumno a investigar al respecto e intentar manipular la simulación en su casa. Es posible que estas respuestas cortas hechas al final de la sesión confundieran a algunos de los alumnos y se quedaron con un concepto incorrecto, pues hay al menos un alumno que eligió algunas de las otras respuestas alternativas en el test.

En cuanto al resto de los grupos, la idea previa de que el foco “consume” corriente eléctrica sigue siendo la segunda opción más elegida, pero si disminuyo mucho del pre-test al post-test, por lo que se puede concluir que ambas secuencias didácticas son efectivas para abordar el tema, pero la ganancia obtenida por el grupo SIM1 sugiere que las simulaciones son más eficaces.

Pregunta 10

En esta pregunta se les solicita que comparen el brillo de focos conectados en forma sencilla, serie y paralelo. La pregunta se presentó como sigue:

Considera la figura y ordena los focos del de mayor brillo al de menor brillo.



- Los focos F_1 , F_2 y F_3 brillan igual y luego van F_4 y F_5 que brillan lo mismo.
- Los focos F_1 , F_4 y F_5 brillan igual y luego van F_2 y F_3 que brillan lo mismo.
- El foco F_1 brilla más que F_2 , les siguen los focos F_3 y F_4 que brillan igual y por último F_5 .
- El foco F_1 es el más brillante, luego van los focos F_2 y F_3 que tiene el mismo brillo y por último van los focos F_4 y F_5 que brillan igual.
- El foco F_1 es el que más brillante, le sigue el foco F_4 junto con el foco F_5 que tiene el mismo brillo, luego F_2 y por último F_3 .
- No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	12.0	26.9	0.0	5.7
B	36.0	19.2	68.4	45.7
C	12.0	11.5	0.0	8.6
D	8.0	19.2	15.8	17.1
E	32.0	23.1	15.8	17.1
F	0.0	0.0	0.0	5.7

Valor de G	0.33	0.09	0.6	0.42
------------	------	------	-----	------

Es este t3pico, las ganancias conceptuales de todos los grupos son muy diferentes. Tres de los grupos tiene la ganancia conceptual dentro de lo normal de 0.3 a 0.7. Iniciaremos este an3lisis con los grupos experimentales.

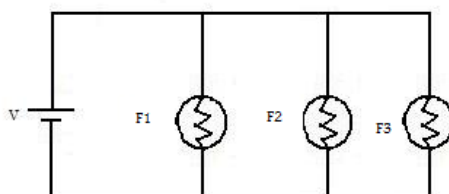
Existe una diferencia notoria entre los grupos de experimentos. El grupo EXP2 tiene una ganancia cercana a cero y los porcentajes de elecci3n de respuesta est3n distribuidas en todas las opciones de forma homog3nea, por lo que no tienen un modelo estable. En cambio, el grupo EXP1, en el que la opci3n en donde focos en paralelo tienen m3s intensidad luminosa que los de serie, pero no igual en paralelo con el circuito b3sico y la respuesta correcta, tienen casi el mismo porcentaje de elecci3n, por lo que si se aprecia un entendimiento mayor que el EXP1 en el tema. La diferencia puede radicar en los experimentos de m3s que hacia el grupo EXP1 que ya se hab3a comentado anteriormente.

En los grupos SIM1 y SIM2 tambi3n existe una diferencia entre ellos, pero puede deberse a los comentado anteriormente de las preguntas extra que hace el grupo SIM2, que pueden llegar a confundir a algunos alumnos que no est3n prestando la atenci3n adecuada a la clase, para seguir el cambio de experiencia que da cada una de las preguntas que se atienden en la sesi3n. Aun as3, la ganancia conceptual de ambos grupos es mayor a la de os grupos de experimentos. Esto puede deberse a la mayor cantidad de experiencias que permiten las simulaciones para conectar de diferentes formas o aumentar la cantidad de focos en serie y en paralelo en cada caso y hacer m3s notoria la caracter3sticas de cada uno. En los grupos de experimentos, cada equipo solo dispon3a de cuatro focos cada uno, mientras que los focos en las simulaciones son ilimitados, al igual que los cables para las conexiones.

Pregunta 11

En esta pregunta se presenta un circuito en paralelo con tres focos. La pregunta se present3 como sigue:

Considera el circuito de la figura, si se funde el foco F_3 ¿Qu3 le ocurre a los focos restantes?



- a) Los focos F_1 y F_2 brillan más.
- b) Los focos F_1 y F_2 brillan menos.
- c) El foco F_2 brilla más y el foco F_1 brilla igual que antes.
- d) Se apagan todos los focos.
- e) Los focos F_1 y F_2 brillan igual que antes.
- f) No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	12.0	30.8	5.3	5.7
B	8.0	3.8	0.0	2.9
C	0.0	15.4	0.0	5.7
D	0.0	11.5	5.3	2.9
E	80.0	38.5	84.2	82.9
F	0.0	0.0	5.3	0.0
Valor de G	0.76	-0.2	0.77	0.78

La ganancia conceptual de tres de los cuatro grupos es prácticamente la misma, y se encuentra dentro del rango de ganancia alta. El grupo EXP2 se diferencia drásticamente del resto, pues su ganancia conceptual es negativa.

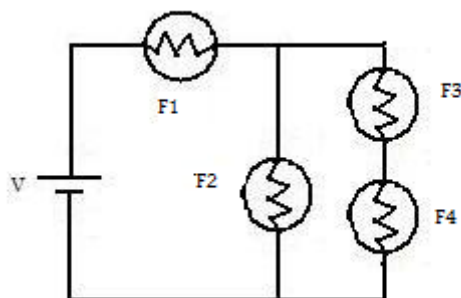
Analizando lo sucedido con el grupo EXP2, en el pre-test el 50% de los alumnos contestaron correctamente el test y después de la secuencia, el porcentaje bajó al 38.2%. Esto puede deberse a que la actividad que corresponde a este tópico se conectaron tres focos de diferentes formas, incluyendo la que aparece en esta imagen, haciendo mediciones y observaciones. En el laboratorio se contaba con tres focos por equipo y los cables suficientes para hacer las conexiones de forma precisa. Para la conexión en serie fue sencillo e incluso sobraron cables para conectar, pero la conexión en paralelo se complicó debido a que hacían uso excesivo de cables y había equipos en los que faltaba material debido a que usaban cables de más en una conexión que no lo ameritaba. Por tanto, el tiempo de mediciones y experimentaciones se vio limitada por este aspecto y los alumnos se concentraban más en lograr la conexión que en observar lo sucedido. E incluso no se apreciaba lo que debía porque la conexión la hacían mal, revolviéndose con los cables que tenían. Esto no pasaba con el EXP1, pues como se comentó antes, eran alumnos que tienen más habilidad manual y un poco más de creatividad para sondear estos conflictos.

En conclusión, a pesar de tener tres grupos con la misma ganancia conceptual, las simulaciones fueron más efectivas pues no tienen las dificultades de los experimentos donde se cuenta con material cuantificado.

Pregunta 12

En esta pregunta se cuestiona sobre el brillo de focos conectados en un circuito en mixto, cuando uno de ellos se funde. La pregunta se presentó como sigue:

La figura muestra un circuito de cuatro focos iguales conectados a una batería. Si se funde el filamento del foco F_3 ¿Qué sucede con los focos restantes?



- a) Sólo enciende el foco F_2 .
- b) Los focos F_1 , F_2 y F_4 siguen encendidos.
- c) Sólo enciende el foco F_1 .
- d) Ningún foco enciende.
- e) Sólo encienden los focos F_1 y F_2 .
- f) No sé.

Los porcentajes de elección de respuesta son los siguientes:

Opción de respuesta	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
A	0.0	3.8	0.0	5.7
B	0.0	15.4	10.5	37.1
C	0.0	0.0	0.0	0.0
D	4.0	26.9	5.3	14.3
E	92.0	53.8	84.2	40.0
F	4.0	0.0	0.0	2.9
Valor de G	0.87	0.15	0.57	0.28

Se observa que la ganancia de los cuatro grupos es diferente. Tampoco hay una semejanza entre los grupos que usaron la misma herramienta didáctica. Uno de los dos grupos obtuvo una ganancia baja de acuerdo a los intervalos de Hake, y en simulaciones el otro grupo fue media, mientras que en el de experimentos EXP1 se obtuvo una ganancia alta.

Se ha comentado en preguntas anteriores que los perfiles y habilidades de los grupos en general son diferentes. Esto ocasiona resultados diferentes en sus ganancias conceptuales. El grupo EXP2 tiene como segunda opción de respuesta con mayor porcentaje la respuesta D, que indica que ningún foco encenderá. El grupo SIM2 la segunda más elegida es que todos los focos permanecerán prendidos.

Usando la experiencia del grupo EXP1, esta actividad puede ser mejorada al aumentar la cantidad de conexiones libres de los focos, tanto en simulaciones como en experimentos, y pidiendo que se realice el dibujo esquemático del circuito en el cuaderno, para que sobre él se identifiquen las conexiones en serie y en paralelo. Así mismo, se le pide que predigan si los focos permanecen prendidos o se apagan, después de desconectar alguno de los focos y comprobarlo con el circuito de trabajo.

En este tópico se considera que la herramienta que mostro más ventajas fue el de experimentos demostrativos, por la ganancia alta que alcanzó el grupo EXP1.

A manera de resumen, se presenta la siguiente tabla donde se muestra el tópico que se evalúa en cada una de las preguntas de los test, y la herramienta que logro en los estudiantes un mejor entendimiento del concepto.

Pregunta	Tópico	Herramienta que favoreció el aprendizaje
1	Comportamiento de la corriente eléctrica a través de un componente conectado en paralelo.	Ambas.
2	Comportamiento de la corriente eléctrica total de una conexión en paralelo.	Ninguna.
3	Circuito eléctrico básico, conectar una pila a un foco.	Experimentos.
4	Resistencia equivalente en conexiones en paralelo.	Simulaciones

5	Comportamiento del voltaje eléctrico en la conexión en paralelo de componentes eléctricos	Simulaciones
6	Comportamiento de la corriente eléctrica a través de un componente conectado en serie.	Simulaciones
7	Resistencia equivalente en conexiones en serie.	Ambas
8	Comportamiento del voltaje eléctrico en la conexión en serie de componentes eléctricos	Simulaciones
9	Corriente eléctrica	Simulaciones
10	Comparación de la intensidad luminosa de focos conectados en serie y en paralelo.	Simulaciones
11	Comparación de la intensidad luminosa de focos conectados en paralelo.	Simulaciones
12	Comparación de la intensidad luminosa de focos conectados de forma mixta.	Experimentos

Como se observa, las simulaciones favorecieron más aspectos del tema de circuitos eléctricos. Pero es posible diseñar e implementar una secuencia didáctica que involucre el uso de ambas herramientas, dependiendo de los aspectos que favoreció según la tabla anterior, para que se cubra de mejor manera todos los contenidos.

4.1.2 ganancia conceptual normalizada usando pre-test, post-test y test de retención

El test de retención lo realizaron dos semanas después de haber terminado la secuencia didáctica. Un promedio de once alumnos por grupo realizaron el test de retención, la comparación entre la ganancia del post-test y el test de retención es la siguiente:

Test	EXP1	EXP2	SIM1	SIM2
	G Hake	G Hake	G Hake	G Hake
Post-test	0.43	0.33	0.5	0.44
Test de retención	0.55	0.45	0.6	0.56

Se observa que los cuatro grupos tienen en promedio una ganancia similar en test de retención. También hay un incremento en la ganancia del test de retención y del post-test, esto puede deberse a que solo los alumnos más responsables de cada grupo

realizaron esta prueba, es posible que tuvieran inquietudes sobre algunas de las preguntas realizadas, investigarán por medio de otros alumnos o profesores cual era la posible respuesta correcta, y por ello mejoraran la ganancia. Esta actividad no era extraña, después de cada uno de los test, se observaban algunos alumnos reuniéndose para comentar el contenido de las preguntas y su posible respuesta. Por tanto, ambas herramientas insertadas en la secuencia activa planteada, ayuda a la retención de los conceptos de circuitos eléctricos.

4.2 Factor de Concentración.

Con la información tanto del score (S) como el factor de concentración (C), las respuestas y las variaciones en el patrón se pueden representar en una gráfica bidimensional. La respuesta a cada pregunta se representa como un punto en la gráfica S-C.

El a Fig. # se muestran las gráficas des S-C del factor de concentración del pre-test y el post-test de los cuatro grupos. El test de retención no fue considerado para este análisis por la poca cantidad de alumnos que lo respondió. Los puntos azules corresponden a cada una de las doce preguntas que forman parte de los test y el punto verde es el promedio.

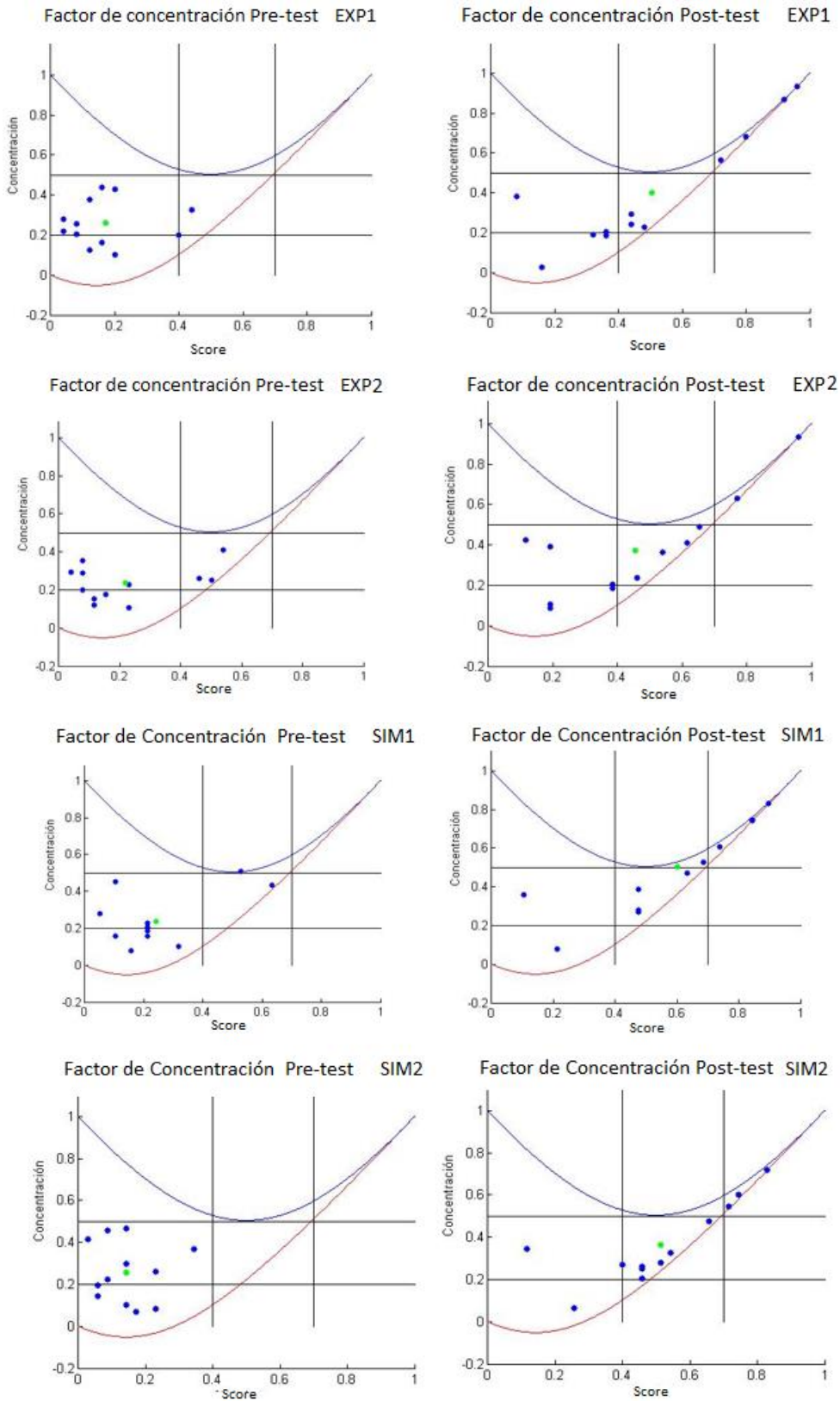


Fig. # Graficas del Factor de Concentración S-C del Pre-test y post-test de todos los grupos.

En las gráficas de los pre-test de los cuatro grupos se muestra que la distribución de respuestas de los alumnos se encuentran mayoritariamente en la región LL y LM, indicando que la mayoría de las preguntas no tienen un modelo definido antes de la instrucción, mientras que otras tienen dos modelos definidos, pero ambos son incorrectos. En los grupos EXP y EXP2 se muestra como dos y tres puntos están en la región MM, por lo que para esas preguntas se tienen dos modelos dominantes, y uno de ellos es el modelo correcto, pero con poca presencia (esto se sabe por la cercanía que tiene el punto a las fronteras con la sección L del score). En el grupo SIM1 se tienen estos dos puntos más cerca de la región HH, en la que se tiene como dominante al modelo correcto, pero no logra llegar a esa región, esto significa que, de los dos modelos dominantes, el correcto tiene una mayor presencia que el incorrecto.

En las gráficas de concentración S-C del post-test se observa como en la mayoría de los puntos se han movido a la sección MM y uno pocos al HH. A pesar de que el grupo EXP1 es el que tiene más puntos en la región HH (4 puntos, mientras los grupos SIM1 y SIM2 tienen tres y el grupo EXP2 tiene solo 2), al igual que el grupo EXP2, una mayor cantidad de puntos se quedaron en la región L del score, mientras que en los grupos que usaron simulaciones solo quedaron dos puntos, que corresponden a las preguntas 2 y 4, que como ya se había visto en la ganancia conceptual, la instrucción no había funcionado. Por tanto se puede decir que las simulaciones interactivas favorecieron más el entendimiento de los conceptos de circuitos eléctricos en los alumnos que los experimentos demostrativos. Aun se tienen muchos puntos en la región MM cercanos a la región L del score, por lo que aún se tiene que afinar algunos detalles de la secuencia didáctica para acercar esos tópicos a la región HH en la cual la mayoría de los estudiantes han construido el modelo correcto.

4.3 Análisis de la respuesta actitudinal de los estudiantes hacia las herramientas didácticas (Diferencial semántico)

Como se había comentado en la metodología, para evaluar la actitud de los estudiantes hacia las herramientas activas usadas durante la secuencia didáctica, se les pidió que contestaran un diferencial semántico que contenía adjetivos favorables y desfavorables de cada herramienta utilizada (EXP1 y EXP2 evaluaron experimentos, SIM1 y SIM2 evaluaron simulaciones y EXP2 y SIM2 además evaluaron los tutores inteligentes). Los adjetivos usados en el diferencial fueron:

Aburrido	1	2	3	4	5	6	7	Divertido
Fácil	1	2	3	4	5	6	7	Difícil
Inútil	1	2	3	4	5	6	7	Útil
Importante	1	2	3	4	5	6	7	Sin importancia
Incomprensible	1	2	3	4	5	6	7	Comprensible

Ahorra tiempo	1	2	3	4	5	6	7	Consume mucho tiempo
Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	Agradable

Los alumnos debían de colocar una X en el número más cercano al adjetivo que reflejara la opinión del alumno, en cada una de las filas. Los adjetivos favorables y desfavorables estaban mezclados, para que los alumnos no creyeran que la respuesta correcta estaba cargada a un solo lado del test.

Para la evaluación del análisis los números entre los adjetivos cambiaron, asignándoles un -3 a los adjetivos desfavorables, y un 3 a los favorables, quedando en medio de los dos adjetivos un cero, indicando indiferencia o neutralidad. Los valores quedaron como se muestra a continuación:

Aburrido	-3	-2	-1	0	1	2	3	Divertido
Fácil	3	2	1	0	-1	-2	-3	Difícil
Inútil	-3	-2	-1	0	1	2	3	Útil
Importante	3	2	1	0	-1	-2	-3	Sin importancia
Incomprensible	-3	-2	-1	0	1	2	3	Comprensible
Ahorra tiempo	3	2	1	0	-1	-2	-3	Consume mucho tiempo
Desagradable	-3	-2	-1	0	1	2	3	Agradable

Posteriormente, para cada uno de los ítems se tomó la frecuencia y se obtuvo el promedio considerando la nueva numeración. Un resultado positivo es favorable, uno negativo desfavorable y los valores cercanos a cero son neutros. Los resultados se dan por separado para cada una de las herramientas.

4.3.1 Experimentos demostrativos

Para los grupos EXP1 y EXP2 se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

Característica	Promedio EXP1	Promedio EXP2
Aburrido-Divertido	1.71	1.8
Fácil-Difícil	1.59	1.17
Inútil- Útil	2	2.07
Importante-Sin importancia	1.47	2.03
Incomprensible-Comprensible	1.84	1.4
Ahorra tiempo-Consume mucho tiempo	0.59	0.23
Desagradable- Agradable	1.97	1.92

Como podemos ver los resultados entre ambos grupos es muy semejante y todos los valores son positivos, indicando que en general la herramienta es favorable para los alumnos de ambos grupos.

El ítem con el valor mínimo es el de Ahorro de tiempo para ambos grupos, con valores de 0.59 y 0.23. Esta opinión de los alumnos puede tener dos influencias, una de ellas era el tiempo que requería de preparación cada experimento. A pesar de que para cada sesión se tenía dispuesto el material en cada una de las mesas de trabajo, entre clase y clase de los diferentes grupos, el material de alguna mesa de trabajo en ocasiones terminaba revuelto o en mal estado que era necesario cambiarlo por otro. El traslado al laboratorio en algunas sesiones también era tardado, así como la reunión en los equipos de trabajo en las sesiones que eran en el aula, también eran consideradas como tiempo “muerto” para los alumnos.

La opinión de los alumnos también puede hacer referencia al tiempo que se invertía para que todos los equipos logran la actividad planeada. Al tener diez equipos por grupo no todos terminaran al mismo tiempo la actividad, y se esperaba a que la mayoría de los equipos terminara para continuar. Algunos equipos aprovechaban el tiempo extra después de terminado su experimento para indagar un poco más en el experimento, otros equipos ayudaban a los equipos que aún no terminaban, y uno pocos se quedaban sentados en sus lugares esperando las siguientes instrucciones.

El resto de las características tiene valores cercanos a dos, lo que indica que los estudiantes consideran la herramienta divertida, fácil, útil, importante, comprensible, y agradable; y la actitud de los estudiantes se notaba en cada una de las sesiones. Los alumnos de ambos grupos se mostraban muy participativos, entusiastas y divertidos al momento de desarrollar las actividades experimentales. En el grupo EXP1 la actitud de dos de los equipos era incluso motivante, pues al ser los primeros equipos en terminar, las indagaciones que hacían en las actividades mostraba su interés y agrado ante actividades experimentales. Por ejemplo, para la actividad de “limón como batería” uno de los equipos decidió conectar “todos” los limones del grupo en paralelo y después en serie y medir el voltaje en cada caso. Otro de los equipos observo que si apachurraban los limones hasta el punto de casi reventarlos, se obtenía un mayor voltaje. Ese mismo equipo intento con otros metales como terminales para ver si también se generaba

voltaje. Esa actitud se mostró en la mayoría de las actividades durante toda la secuencia didáctica. Por lo que su respuesta escrita es compatible con su actitud en el aula.

4.3.2 Simulaciones interactivas.

Para los grupos SIM1 y SIM2 se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

Característica	Promedio SIM1	Promedio SIM2
Aburrido-Divertido	1.11	0.91
Fácil-Difícil	1.89	0.71
Inútil- Útil	1.94	1.24
Importante-Sin importancia	1.54	1.49
Incomprensible-Comprensible	2.06	1.16
Ahorra tiempo-Consume mucho tiempo	1.4	0.47
Desagradable- Agradable	1.63	1.13

A pesar de que todos los valores son positivos, en este caso los valores entre los grupos son en su mayoría diferentes y en promedio de menor valor que los resultados presentados para los experimentos demostrativos, en especial para el grupo EXP2.

Las características que tienen valores semejantes son los de Aburrido-Divertido, cercano a 1 e Importante-Sin importancia, cercano a 1.5, por lo que la opinión con respecto a estas dos características es semejante para ambos grupos. Mientras que la característica de Fácil-Difícil, Incomprensible-Comprensible y Ahorra tiempo-Consume tiempo, tiene una diferencia de casi un punto entre ambos grupos, dando a entender por parte del grupo SIM2 que si fue una herramienta favorable, pero de menor intensidad que lo que percibió el grupo SIM1.

Durante las sesiones ambos grupos se mostraban participativos y cooperativos ante la herramienta. En su mayoría, los alumnos resolvieron las actividades dejadas de tarea y participaban activamente en sus equipos de trabajo. El grupo SIM2 era más curioso durante las sesiones, haciendo preguntas y dando hipótesis a planteamientos hechos no solo por el docente, sino también por sus compañeros durante el uso de la simulación. Pero se notaba en algunos casos un poco de temor por algunos estudiantes al pasar a hacer las manipulaciones de la simulación frente a todo el salón, moviendo tímidamente

la computadora, o dudando mucho al momento de presionar algunos botones de la simulación. Puede ser que esa sea la razón por la que su opinión con respecto a la actividad sea favorable, pero de valor menor que el resto de los grupos pero la incomodidad de pasar a manipular la simulación frente a todos sus compañeros y tal vez equivocarse.

En el caso del grupo SIM1, la mayoría de las características tiene valores cercanos a dos, y en promedio tienen los mismos valores que los grupos de experimentos demostrativos. En cuanto a la experiencia dentro del grupo, los alumnos participaban y no tenían incomodidad de pasar a manipular la simulación. En general fue sencillo seguir la secuencia didáctica planeada en este grupo, pues no hacían muchos planteamientos extras a los propuestos en la actividad y la mayoría a de los equipos trabajaban al mismo ritmo, solo había un equipo con más entusiasmo que el resto, acabando las actividades más rápido que los demás, que pedía experimentar con la simulación, mientras el resto del grupo terminaba la actividad, pero estas manipulaciones extras del equipo no generaba nuevas inquietudes en el resto del grupo, como pasaba en otros grupos, en especial con EXP1. Esta puede ser la razón por la cual este grupo dio un valor mayor que el resto a la característica de ahorro de tiempo.

4.3.3 Tutores Inteligentes

Para los grupos EXP2 y SIM2 se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

Característica	Promedio EXP2	Promedio SIM2
Aburrido-Divertido	1.06	1.11
Fácil-Difícil	1.19	0.82
Inútil- Útil	2.03	1.71
Importante-Sin importancia	1.97	1.49
Incomprensible-Comprensible	1.16	1.18
Ahorra tiempo-Consume mucho tiempo	-0.17	0.27
Desagradable- Agradable	1.39	1.69

La mayoría de las características tiene valores positivos, mostrando una actitud favorable al uso de tutores inteligentes. Destaca el valor negativo del grupo EXP2 y muy cercano a cero del grupo SIM2 para la característica de Ahorra tiempo-Consume

tiempo. Recordemos que el tutor se usó para resolver la tarea se la sección de ejercicios de la secuencia didáctica. La instrucción fue que los ejercicios debían contestarse a la par en el cuaderno y en el tutor, por tanto puede que los alumnos consideren esto como una doble actividad y tener que hacer más que lo que usualmente hacen, y más considerando que hay estudiantes que no tienen computadora en sus casas y tenían que ir a un cibercafé o quedarse más tiempo en la escuela en el centro de cómputo para poder hacer la tarea.

En la sesión 9, correspondiente a la de revisión de tarea, hubo muy pocas dudas (menos que en los otros dos grupos que no usaron tutores). Pero en el grupo SIM2 hubo varios alumnos que comentaron no pudieron acceder a los tutores o no pudieron manipularlos para pasar al siguiente ejercicio. Es posible que en el grupo SIM2 haya alumnos que no se sienten confidentes en el uso de la computadora y el internet, pues con algunos de estos alumnos se acudió al centro de cómputo después de clase para ver si en realidad había un problema con los tutores y no se encontró ningún, en la escuela se pudo acceder al tutor y contestarlo, a pesar de que ellos aseguraban que en su casa no había funcionado. Este contratiempo pudo también afectar la apreciación de los alumnos en la característica de Fácil-Difícil, con valor de 0.82.

En general, la actitud ante los tutores fue favorable y ayudo a ambos grupos a la resolución de ejercicios de circuitos eléctricos, independientemente de si usaron simulaciones o experimentos demostrativos para entender los conceptos de circuitos eléctricos.

Capítulo 5. Conclusiones

1. Los resultados de la ganancia conceptual de los cuatro grupos es semejante, con un promedio de 0.4, valor dentro de los límites de Hake para la enseñanza activa. Pero al analizar la eficacia de las herramientas por medio del Factor de Concentración, se observó una ventaja para los grupos que usaron simulaciones interactivas, pues tres de las doce preguntas se ubicaron en la región HH y ocho de las doce se ubicaron en la región MM en las gráficas S-C del post-test, mientras que los grupos de experimentos una mayor cantidad de preguntas (5 y 6) permanecieron en la región ML, como se tenían antes de la instrucción. Por lo que se puede decir que ambas herramientas didácticas, simulaciones y experimentos demostrativos, insertadas en una secuencia activa similar tiene una eficacia similar para abordar los temas de circuitos eléctricos, pero por poca diferencia, con el uso de simulaciones se obtienen mejores resultados.
2. En el análisis de la ganancia conceptual pregunta a pregunta de los resultados del post-test, se observó que la dinámica y perfil de los grupos hizo que en algunos tópicos las ganancias conceptuales obtenidas no fueran iguales, aun usando la misma herramienta didáctica. En general el grupo EXP1 obtuvo mejores resultados que el grupo EXP2, debido a que el primer grupo era más rápido para realizar las actividades planteadas por la secuencia e invertía el tiempo en indagar más en el tópico, realizando una mayor cantidad de experimentos. En el caso de los grupos que usaron simulaciones el grupo SIM1 obtuvo mejores resultados que los grupos SIM2, ya que el grupo SIM2 realizaba preguntas extras a las planteadas en la secuencia y estas preguntas específicas, relacionadas con el tema, hacia cambios de casos y contextos de aplicación del concepto durante las sesiones, que si había alumnos que se distraían brevemente durante la sesión, podían perderse en las explicaciones y manipulaciones de la simulación. Además se observó que en este grupo, los alumnos se sentían más intimidados al pasar frente al grupo para manipular la simulación.

3. En el análisis pregunta a pregunta para definir que conceptos eran mejor entendidos con cada una de las herramientas, se encontró que las simulaciones son más eficaces en la mayoría de los conceptos, pero como son herramientas usadas siguiendo una secuencia didáctica semejante, estas herramientas pueden combinarse para obtener mejores resultados en el futuro. Por ejemplo, una secuencia didáctica basada en simulaciones, que además haga uso de experimentos en los tópicos de conexión de circuitos básicos y la comparación de la intensidad luminosa de los focos conectados en forma mixta, podría mejorar más el entendimiento de los conceptos por parte de los estudiantes, que el solo el usar una herramienta durante toda la instrucción.
4. En los test de retención se obtuvieron ganancias conceptuales promedio semejantes, por lo tanto de igual forma ambas herramientas activas son equivalentes para que los alumnos mantengan la información durante más tiempo.
5. En los diferenciales semánticos para evaluar la actitud de los alumnos ante las herramientas utilizadas, se observó que los alumnos que usaron experimentos quedaron conformes con la herramienta utilizada, pues en todas las características evaluadas se obtuvo una calificación positiva y con valor numérico alto. El único indicador bajo fue el de ahorro del tiempo, por el tiempo de la sesión que se invertía en preparar el material, checarlo, arreglarlo en algunos casos, y el tiempo que algunos equipos tenían que esperar para que el resto de sus compañeros terminaran la actividad.
6. En la opinión de los alumnos respecto al uso de las simulaciones interactivas también se obtuvieron calificaciones positivas, pero con un valor menor que las que recibieron los experimentos demostrativos. Por tanto, a los alumnos les gusta un poco más trabajar con experimentos demostrativos que con simulaciones interactivas.
7. Existen características en el diferencial semántico que fueron mejor evaluadas por un grupo que uso simulaciones que por el otro, esto significa que la apreciación de los grupos hacia esta herramienta es diferentes. Las características con los cambios más notorios fueron las de Fácil-Difícil, Incomprensible-Comprensible y Ahorra tiempo-Consume tiempo, tiene una diferencia de casi un punto entre ambos grupos. Esto puede deberse a la dinámica propia de cada grupo, que como ya se había dicho, el grupo SIM2

cuestionaba mucho, mientras que el grupo SIM1 se limitaba a seguir las instrucciones dadas por el docente.

8. En la apreciación de los alumnos de los tutores inteligentes, solo la característica de Ahorro de tiempo fue calificada negativamente. Esto se debe a que la instrucción fue pasar los tutores de la computadora a la libreta y contestarlos a la par, lo que los estudiantes consideraron como hacer dos veces la misma actividad y más tardado que hacer una actividad como normalmente se hace, pasándolo del libro a la libreta.

Referencias

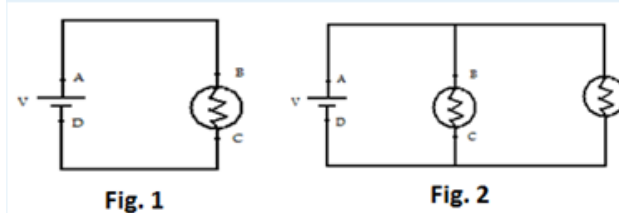
1. **Alzagary, G.; R. Carreri, R. y Marino L. (2010).** *El Software De Simulación En Física: Herramienta Para El Aprendizaje De Contenido*, Congress on technology in Education and Education in Technology TE&ET.
2. **Aparicio, J., y Rodríguez-Moneo, M. (1992).** *Los estudios sobre el cambio conceptual y las aportaciones de la Psicología del Aprendizaje*. Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa (26), 13-30.
3. **Bruno, O. (2005).** *Análisis de la precepción de los alumnos y de los docentes para la incorporación de un sistema de tutor inteligente como facilitador del aprendizaje de algoritmia*. Revista de información educativa y medios audiovisuales, 2(4), 1-31.
4. **Campanario, J. y Moya, A. (1999).** *¿Cómo Enseñar Ciencias?* en Enseñanza de las Ciencias, 17(2), 179-192.
5. **Cataldi, Z. y Lage, F. (2009).** *Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión*. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 38.
6. **Chabay, R., & Sherwood, B. (2004).** Modern mechanics. *American Association of Physics Teachers* , 72 (4), 439-44
7. **Coll, C. (2001).** *Constructivismo y educación: la concepción constructivista de la enseñanza y del aprendizaje*. En C. Coll, J. Palacios, & Á. Marchesi, Desarrollo psicológico y educación 2. Psicología de la educación escolar (Segunda edición ed., pp. 157-188). Madrid, España: Alianza Editorial.
8. **Esquembre, F. (2005).** *Creación de Simulaciones interactivas en Java, Aplicación a la Enseñanza de la Física*. Person, España.
9. **Gámez, Y., Martínez, Y., y Moreno, V. (2008).** *Cosideraciones Generales para el Diseño de una Herramienta Interactiva de Simulación de Procesos*.
10. **Giacosa, N., Giorgi S. y Concari S. (2009).** *Applets en la Enseñanza del Electromagnetismo y la Óptica*, Third National Congress of Industrial Engineering, pp. 1-18, Argentina.
11. **Gil, D. y De Guzmán, M. (2001).** *Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas, Tendencias e Innovaciones*. Popular.

12. **Hernández, F. (2012).** *Diseño y Aplicación de Tutores Inteligentes para el Aprendizaje de la Ley de Ohm en Alumnos de Nivel Bachillerato.* Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, CICATA-Legaria, México.
13. **Lye, S., Wee, L., y Ong, Y. (2012).** *Open Source Energy Simulation for Elementary School.* 20th International Conference on Computers in Education.
14. **Martínez, J. (2004).** *Concepción de Aprendizaje, Metacognición y Cambio Conceptual en es estudiantes universitarios de Psicología.* Tesis Doctoral.
15. **Michael J. (2006).** *Where`s the evidence that active learning works?* en *Advances in Physiology Education*, **8**, 159-167 (2006)
16. **Meltzar D. y Thomton R. (2011),** *Resource Letter ALIP-1: Active-Learning Intruction in Physics,* *American Journal of Physics*, **80(6)**, 478-496.
17. **Moltó, E. (2003).** *Fundamentos de la Educación en Física.* Ministerio de Educación
18. **Orlaineta, S. (2011).** *Los cómics en la enseñanza de la Física: diseño e implementación de una secuencia didáctica para circuitos eléctricos en bachillerato.* Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, CICATA-Legaria, México.
19. **Podolefsky, N., Moore, E. y Perkins, K. (2014).** *Implicit scaffolding in interactive simulation: Design strategies to support multiple educational goals.* Descargado de <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1306/1306.6544.pdf>
20. **Prados, M. (2009).** *La comprensión de los procesos de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque constructivista.* *Revista de investigación educativa*, 50-69.
21. **Sanchez, D. (2009).** *Agentes Inteligentes: Diseño e Implementación para la enseñanza de la Física.* Tesis de Doctorado, Instituto Pólitecnico Nacional. CICATA-legaria, México.
22. **Sanmartí, N. (2002).** *Didactica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria.* España: Síntesis Educación.
23. **Santos , G., Otero, R., y Fanaro, M. (2000).** *¿Cómo usar Software de simulación en clases de Física?* *Enseñanza de la Física*, *1(17)*, 50-60.
24. **Saura, O. y de Pro, A. (2000).** *La Enseñanza y el Aprendizaje del Conocimiento Física.* En F. Perales, & P. Cañal, *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (págs. 389-420). España: Editorial Marfil
25. **Schewartz, S. y Pollishuke M. (1998).** *Aprendizaje Activo, Una Organización De La Clase Centrada En El Alumnado,* Narcea, España.

26. **University of Colorado**, *PhET Interactive Simulations*, descargado de <https://phet.colorado.edu/es/simulations>.

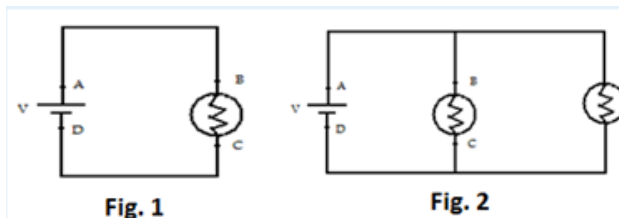
Anexo 1. Test de conceptos.

1. Compara la corriente que circula a través del foco entre los puntos B-C en la Fig. 2 contra la corriente en los mismos puntos en la Fig. 1.



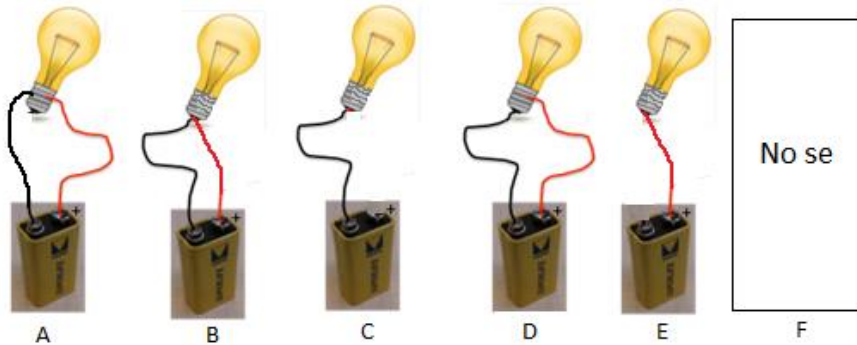
- a) El valor de la intensidad de corriente a través de B-C es el doble en la Fig. 2.
- b) El valor de la intensidad de corriente a través de B-C es mayor en la Fig. 2, pero no necesariamente el doble.
- c) La corriente en ambos casos es igual.
- d) La intensidad de corriente que pasa entre los puntos B-C en la Fig. 2 es la mitad.
- e) La corriente que pasa entre los puntos B-C en la Figura 2 es menor, pero no necesariamente la mitad.
- f) No sé.

2. Compara la corriente en el punto A en la Fig. 2 contra la corriente en el mismo punto en la Fig. 1.

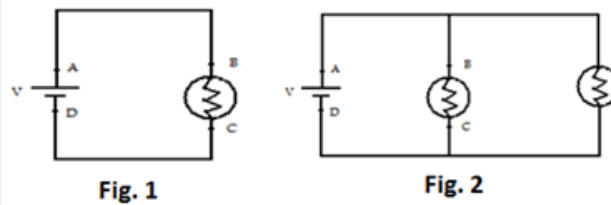


- a) La corriente que pasa por A en la Fig. 2 es la mitad.
- b) La corriente que pasa por A en la Fig. 2 es mayor, pero no llega al doble.
- c) La corriente que pasa por A en la Fig. 2 es menor, pero no necesariamente la mitad.
- d) La corriente que pasa por A en la Fig. 2 es el doble.
- e) La corriente en ambos casos es igual.
- f) No sé.

3. Indica cuál de los siguientes focos encenderá.

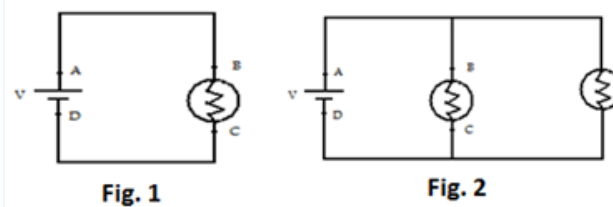


4. ¿Cómo es la resistencia total equivalente de la Fig. 1, comparada con la de la Fig. 2?



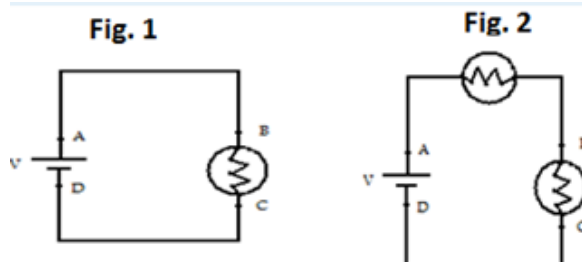
- a) La resistencia total equivalente es menor en Fig. 2, pero no disminuye pero no a la mitad.
- b) La resistencia total equivalente es la mitad en Fig. 2.
- c) La resistencia total equivalente en Fig. 2 es mayor, pero no al doble.
- d) La resistencia total equivalente en Fig. 2 es el doble.
- e) La resistencia total equivalente es igual en Fig. 2 y en Fig. 1
- f) No sé.

5. Compara la diferencia de potencial o voltaje a través del foco puntos B y C en la Fig. 2, contra la diferencia de potencial o voltaje en la Fig. 1 en los mismos puntos.



- a) La diferencia de potencial es más grande en Fig. 2, pero no llega al doble.
- b) La diferencia de potencial es el doble en Fig. 2.
- c) La diferencia de potencial es igual en Fig. 2 y en Fig. 1.
- d) La diferencia de potencial es la mitad en Fig. 2.
- e) La diferencia de potencial es menor en Fig. 2, pero no disminuye a la mitad.
- f) No sé.

6. Compara la corriente que circula a través del foco entre los puntos B-C en la Fig. 2 contra la corriente del en los mismos puntos en la Fig. 1.

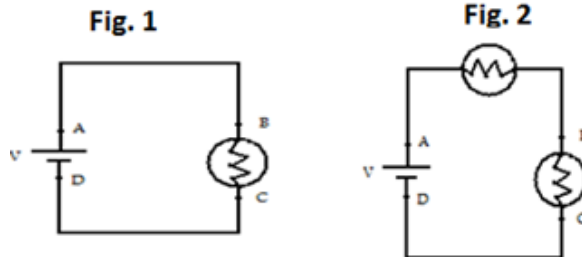


- a) La corriente en ambos casos es igual.
- b) El valor de la intensidad de corriente a través de B-c es mayor en la Fig. 2, pero no

necesariamente el doble.

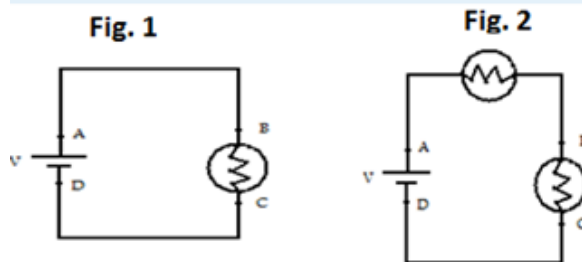
- c) La corriente que pasa entre los puntos B-C en la Fig. 2 es menor, pero no necesariamente la mitad.
- d) La intensidad de corriente que pasa entre los puntos B-C en la Fig. 2 es la mitad.
- e) El valor de la intensidad de corriente a través de B-c es el doble en la Fig. 2.
- f) No sé.

7. ¿Cómo es la resistencia total equivalente de la Fig. 1 comparada con la de la Fig. 2?



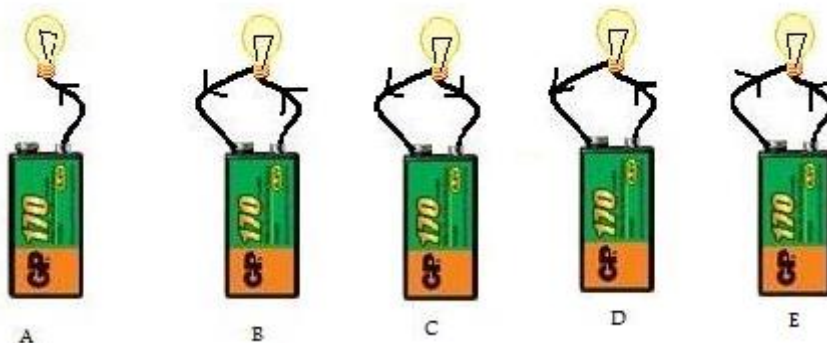
- a) La resistencia total equivalente de Fig. 2 es el doble.
- b) La resistencia total equivalente es la mitad en Fig. 2.
- c) La resistencia total equivalente es menor en Fig. 2, pero no disminuye a la mitad.
- d) La resistencia total equivalente en fig. 2 es mayor, pero no al doble.
- e) La resistencia total equivalente es igual en Fig. 2 y en Fig. 1
- f) No sé.

8. Compara la diferencia de potencial o voltaje a través del foco puntos B y C en la Fig. 2, contra la diferencia de potencial o voltaje en la Fig. 1 en los mismos puntos.



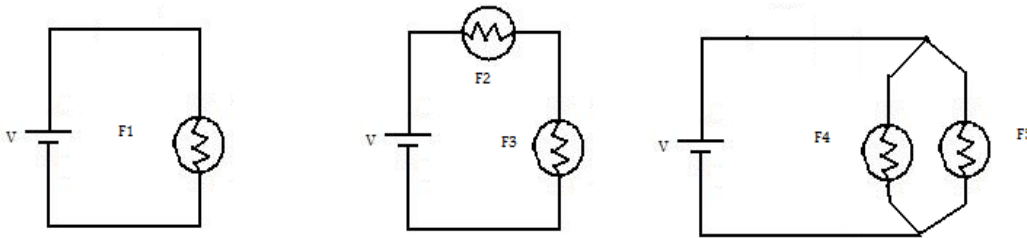
- a) La diferencia de potencial es la mitad en Fig. 2.
- b) La diferencia de potencial es menor en Fig. 2, pero no disminuye a la mitad.
- c) La diferencia de potencial es más grande en Fig. 2, pero no llega al doble.
- d) La diferencia de potencial es igual en Fig. 2 y en Fig. 1.
- e) La diferencia de potencial es el doble en Fig.
- f) No sé.

9. Elige el enunciado y su imagen correspondiente, que explique correctamente le comportamiento de la corriente eléctrica que circula por el foco.



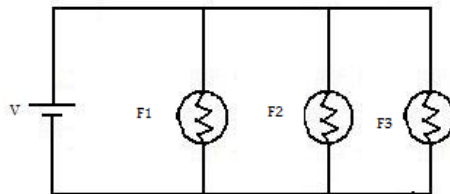
- a) La corriente eléctrica sale de un polo de la batería y se consume en el foco.
- b) La corriente eléctrica sale por uno de los polos de la batería, pasa por el foco y entra la misma corriente por el otro polo.
- c) La corriente sale del foco y se dirige a ambos polos de la pila.
- d) La corriente eléctrica sale de un polo de la batería, pasa por el foco y vuelve menos corriente a la batería.
- e) La corriente eléctrica sale de los dos polos de la pila y se consume en el foco.
- f) No sé.

10. Considera la figura y ordena los focos del de mayor brillo al de menor brillo.



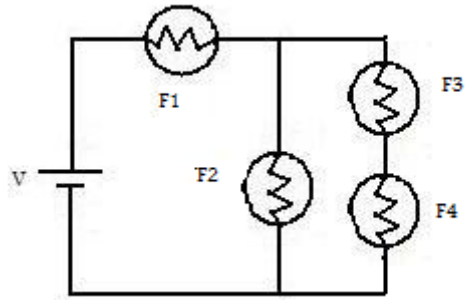
- a) Los focos F_1 , F_2 y F_3 brillan igual y luego van F_4 y F_5 que brillan lo mismo.
- b) Los focos F_1 , F_4 y F_5 brillan igual y luego van F_2 y F_3 que brillan lo mismo.
- c) El foco F_1 brilla más que F_2 , les siguen los focos F_3 y F_4 que brillan igual y por último F_5 .
- d) El foco F_1 es el más brillante, luego van los focos F_2 y F_3 que tiene el mismo brillo y por último van los focos F_4 y F_5 que brillan igual.
- e) El foco F_1 es el que más brillante, le sigue el foco F_4 junto con el foco F_5 que tiene el mismo brillo, luego F_2 y por último F_3 .
- f) No sé.

11. Considera el circuito de la figura, si se funde el foco F_3 ¿Qué le ocurre a los focos restantes?



- a) Los focos F_1 y F_2 brillan más.
- b) Los focos F_1 y F_2 brillan menos.
- c) El foco F_2 brilla más y el foco F_1 brilla igual que antes.
- d) Se apagan todos los focos.
- e) Los focos F_1 y F_2 brillan igual que antes.
- f) No sé.

12. La figura muestra un circuito de cuatro focos iguales conectados a una batería. Si se funde el filamento del foco F_3 ¿Qué sucede con los focos restantes?



- a) Sólo enciende el foco F_2 .
- b) Los focos F_1 , F_2 Y F_4 siguen encendidos.
- c) Sólo enciende el foco F_1 .
- d) Ningún foco enciende.
- e) Sólo encienden los focos F_1 y F_2 .
- f) No sé.

Anexo 2. Test de *ejercicios*.

Test de resolución de problemas de circuitos eléctricos

Física 2, Boque 3: Leyes de la electricidad

Nombre del alumno: _____ Grupo: _____

Instrucciones: Lee atentamente los enunciados de los problemas, debes responder escribiendo todos los procedimientos y cálculos necesarios. La única herramienta que puedes utilizar para resolver los ejercicios es tu calculadora. Contesta el test con pluma. No puedes usar corrector. Si te equivocas o cometes algún error NO LO TACHES, enciérralo y pon la palabra error. Al final subraya las respuestas.

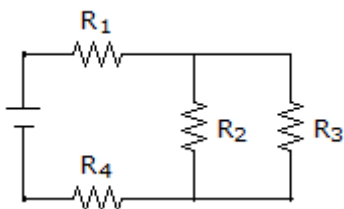
1.- Tres resistencias con valores de $R_1=8\Omega$, $R_2=4\Omega$ y $R_3=5\Omega$ están conectadas en serie a una batería de 5 Volts. Encuentra lo siguiente:

- El esquema que representa al circuito,
- la resistencia equivalente del circuito,
- la intensidad de corriente que circula por todo el circuito y por cada una de las resistencias,
- la caída de potencial o voltaje de cada una de las resistencias.

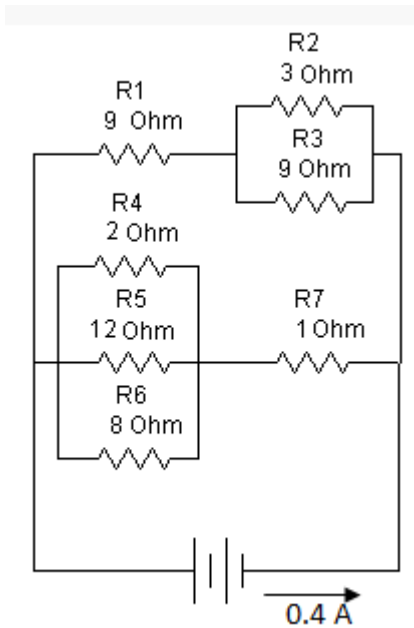
2.- Tres resistencias con valores de $R_1=8\Omega$, $R_2=4\Omega$ y $R_3=5\Omega$ están conectadas en paralelo a una batería de 5 Volts. Encuentra lo siguiente:

- El esquema que representa al circuito,
- la resistencia equivalente del circuito,
- la intensidad de corriente que circula por todo el circuito y por cada una de las resistencias,
- la caída de potencial o voltaje de cada una de las resistencias

3.- Encuentra la resistencia equivalente y la intensidad de corriente que circula por el siguiente circuito que tiene 4 resistencias con valores de $R_1=2\Omega$, $R_2=3\Omega$, $R_3=1\Omega$ y $R_4=4\Omega$, conectados a una pila de 18 V.



4.- encuentra la resistencia equivalente del siguiente circuito, así como el voltaje de la pila para tener una intensidad de corriente de 0.4 Ampere.



5.- Encuentra la resistencia equivalente del siguiente circuito, así como la intensidad de corriente que circula a través del mismo.

