

Actividades experimentales para la enseñanza y aprendizaje del análisis de circuitos eléctricos



José Serrano Villegas^{1,2}, Piero Espino Román¹, Cesar Mora², Rubén Sánchez Sánchez²

¹Unidad académica de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Sinaloa

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional

E-mail: jserrano@upsin.edu.mx

(Recibido el 11 de febrero de 2019, aceptado el 26 de mayo de 2019)

Resumen

Se presentan los resultados parciales de la aplicación de una estrategia didáctica que se basa en actividades experimentales, llevadas a cabo en la asignatura Análisis de Circuitos de la carrera de Ingeniería Mecatrónica que se imparte en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Sinaloa, dentro del programa de Doctorado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional.

Palabras clave: Actividad experimental, Circuitos Eléctricos, Simulador.

Abstract

This work describes partials results from a didactical strategy based in experimental activities, achieved in Electric Circuits Analysis course of Mechatronics Engineering program of Universidad Politécnica de Sinaloa, and inside of the PH Degree in Physics Education of Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional.

Keywords: Experimental activities, Electric Circuits, Simulation.

PACS: 0.140.gb, 01.40.Di, 0.1.85.+f-

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Los circuitos eléctricos se aplican en diversas áreas de la ingeniería, por lo que los programas de estudio de diferentes ingenierías incluyen en su currículo educativo asignaturas relacionadas con la electricidad. Por lo anterior es importante comprender el funcionamiento de los circuitos eléctricos.

Además de la comprensión de los conceptos, es de interés el desarrollo de habilidades y destrezas para el análisis y aplicación de la información, para la resolución de problemas, para ello se emplean diversas estrategias, como las actividades experimentales de laboratorio, donde la comprensión de los conceptos eléctricos, las habilidades y destrezas se desarrollan a través de la experimentación, CUSE [1].

Por lo cual es de interés analizar la incidencia en los alumnos de actividades experimentales que se llevan a cabo en laboratorio en particular para el tema de circuitos serie y paralelo, simples; el cual corresponde a la asignatura Análisis de Circuitos Eléctricos.

Se desarrollaron dos diferentes actividades experimentales sobre el tema mencionado, la primera fue llevada a cabo por los alumnos de los grupos G2-1 y G2-2 en el periodo de enero – abril de 2016, siendo el grupo de control el G2-3. En la primera actividad experimental, la representación de los circuitos serie y paralelo, simples, se hizo con focos y pilas. La segunda actividad experimental la llevaron a cabo los alumnos de los grupos G2-1 y G2-2 en el

periodo de enero – abril de 2017, y consistió de dos partes, una simulación en TIC y la implementación de los circuitos con elementos resistivos. Para la simulación de los circuitos serie paralelo, simples, se diseñó una aplicación en el lenguaje de programación gráfica LABVIEW en la que se representan los circuitos serie paralelo, simples. En la segunda parte los alumnos implementan los circuitos con elementos resistivos en la actividad experimental en laboratorio. Como grupo de control también se utilizaron los datos del grupo G2-3 del periodo enero – abril de 2016.

La secuencia que se utiliza en la presente estrategia inicia con la presentación de los conceptos involucrados en los circuitos serie y en paralelo, incluyendo ejercicios de análisis de circuitos, en donde en general, los alumnos los resuelven exitosamente aplicando Ley de Ohm, Leyes de Kirchhoff y otras, Boylestad [2]. Sin embargo, se ha observado, que la mayoría de los alumnos no desarrollan una estructura conceptual coherente con las teorías del análisis de circuitos eléctricos, ya que como se ha comprobado en aula que, al plantearles problemas cualitativos, no son capaces de resolverlos correctamente, como también lo han mostrado investigaciones de McDermott [3], Redish [4], Engelhardt [5]. En las investigaciones también se ha observado que los conceptos de los alumnos no necesariamente son producto de procesos enseñanza – aprendizaje, sino de esquemas que van desarrollando a través de experiencias informales, Fredette [6].

En diversas investigaciones han observado que muchas de las dificultades de los alumnos pueden ser descritas en términos de una comprensión incorrecta de algunos conceptos básicos, Redish [7], Campos [8], ya que, aunque el alumno es capaz de resolver ejercicios, le suele ser difícil comprender los conceptos básicos, así como el objetivo del ejercicio, esto debido a múltiples limitaciones y dificultades para visualizar los conceptos teóricos a través de la resolución de ejercicios.

II. ANTECEDENTES

Las actividades prácticas de laboratorio, ya sea en horario de clase o abierto, constituyen el medio para la observación reflexiva y la experimentación activa. La correlación de contenidos teóricos y prácticos, así como la sincronización en su desarrollo, permite que las prácticas de la asignatura constituyan realmente una fase integrada en un único proceso de aprendizaje, Muñoz, *et al.* [9].

De acuerdo a la Asociación Americana de Profesores de Física AAPT [10], el objetivo de la instrucción de laboratorio es apoyar a los alumnos en:

- la realización de experiencias significantes mediante procesos experimentales,
- el aprendizaje de conceptos básicos,
- el desarrollo de destrezas y habilidades, así como en la adquisición de herramientas básicas necesarias para la física experimental y el análisis de datos,
- la comprensión del papel que desempeña la observación directa en Física y distinguir entre inferencias basadas en la teoría y en los resultados experimentales y las que se basan en los resultados de los experimentos.

Carreras, *et al.* [11] complementan indicando que por muy sencillos que sean los experimentos que se diseñen, deben propiciar que los alumnos profundicen en el conocimiento de un fenómeno, mediante la teoría y experimentación a la vez, con lo cual tienen la posibilidad de desarrollar habilidades y actitudes propias de la investigación.

Así, Benítez y Mora [12], diseñaron e implementaron diferentes materiales educativos para realizar prácticas de laboratorio, para la enseñanza de la cinemática basándose en el Aprendizaje Activo de la Física.

Timmerman, *et al.* [13], desarrollan un tutorial para introducir al alumno a los temas de potencial eléctrico y su análisis mediante la Ley de voltaje de Kirchhoff.

Mientras que Dima [14] presenta una tarea experimental y plantea que es con la finalidad de integrar conceptos, procedimientos y actitudes, sobre la Ley de Ohm.

Adicionalmente, La Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe, UNESCO [15] con el objetivo de que las tecnologías de la información y comunicación (TIC) contribuyan al mejoramiento sistémico de los sistemas educativos a favor de la educación, identifica como áreas de desarrollo prioritarias las prácticas educativas y mediciones de aprendizaje. Demkanin [16] sugiere que el aprendizaje asistido por TIC es conveniente, pues mediante estas, es posible presentar situaciones complejas que comprendan la interacción entre usuario y software que se diseñe para

auxiliar en el aprendizaje, como es el caso de los tutoriales, ejercicios interactivos, simulaciones, applets en Internet, así como ambientes de realidad virtual, entre otras.

La posibilidad de utilizar las TIC en simulación, ha dado lugar a que diversos autores, aprovechando las características de la programación gráfica LABVIEW, tal es el caso del desarrollo de herramientas didácticas para prácticas de laboratorio para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje, como Espino [17], que presenta una actividad experimental sobre la teoría de vibraciones mecánicas; mientras que para el análisis de La Ley de Ohm, Marín [18], desarrolla una simulación; a su vez Vaquiro [19], desarrolla una actividad experimental para analizar el concepto de inducción electromagnética; mientras que Sharad [20], presenta una estrategia de enseñanza para simular y adquirir señales biomédicas.

Investigaciones, como las de Thornton [21], McDermott [22], Laws [23], Benegas [24], Godoy [25], y otros, indican que cuando en el proceso enseñanza – aprendizaje se integran actividades experimentales y otras estrategias interactivas, se puede dar lugar a que el alumno logre un incremento en la comprensión del tema.

López [26], presenta una metodología de integración de actividades de enseñanza e investigación en electrónica de potencia basada en la aplicación de una herramienta didáctica especializada en convertidores de potencia para fuentes conmutadas. En donde para lograr la integración define una estructura desarrollada en LABVIEW, tomando como base el convertidor de voltaje denominado *Cuk*. Como complemento, en la integración incorpora una estructura experimental que emplea un convertido tipo *fly-back* como fuente aislada para activar el transistor del convertidor.

III. JUSTIFICACIÓN

Se considera que el presente trabajo es conveniente, ya que es adecuado que los docentes aporten propuestas didácticas alternas para las actividades en aula y laboratorio basadas en aplicaciones de las TIC, lo que propicia que los procesos enseñanza – aprendizaje estén relacionados con los cambios y avances tecnológicos, por lo que se motiva el cambio en la dinámica actual de la educación superior.

Adicionalmente el presente trabajo se justifica y tiene relevancia para la enseñanza del análisis de circuitos eléctricos energizados con voltaje de corriente directa al desarrollar un laboratorio virtual en el lenguaje de programación gráfica LABVIEW que se complementa con la actividad experimental en la que los alumnos implementan los circuitos para la realización de mediciones en laboratorio.

Se considera que el presente trabajo tiene relevancia por:

- El desarrollo del simulador en LABVIEW de acuerdo con las características de los circuitos que interesa analizar, en donde además se incluye una introducción teórica y un cuestionario en cada uno de los circuitos que se analiza.
- La aplicación del simulador como antecedente y no en lugar de la actividad experimental en laboratorio, en donde los alumnos implementan los circuitos y realizan diversas mediciones de parámetros.

- El desarrollo de la simulación de otros temas sobre el análisis de circuitos, como:
 - La respuesta transitoria de un circuito RC.
 - Máxima transferencia de energía en un circuito resistivo, entre otros temas actualmente en desarrollo.

A. Hipótesis

Las actividades experimentales como son el armado y simulación de circuitos serie y paralelo, simples, despiertan el interés de los alumnos ya que, entre otras características, son dinámicas, e interactivas ya que el usuario puede modificar diversos parámetros que causan cambios en otro u otros parámetros, Quellmalz [27]. La experimentación con circuitos serie y paralelo, simples, propicia la modificación de la comprensión de los conceptos eléctricos de corriente, voltaje y resistencia eléctrica, ya que por sencillos que sean los experimentos, permiten a los alumnos profundizar en el conocimiento de un fenómeno, al estudiarlo teórica y experimentalmente a la vez, Carreras [11]. Tomando como base lo anterior se presenta la siguiente hipótesis:

- Es de interés que la aplicación de la simulación y la experimentación con circuitos, serie y paralelo simples, propicien que los alumnos modifiquen la comprensión de los conceptos involucrados y dan lugar a otros aprendizajes, como son las habilidades y destrezas en el manejo y operación de instrumentos de medición físicos y virtuales, por lo que la hipótesis nula es:

Ho1, No hay diferencia en la comprensión de los conceptos involucrados antes y después de la actividad experimental desarrollada por los alumnos.

IV. ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

Se desarrollaron dos actividades experimentales, en ambas se analizan circuitos serie paralelo, simples. En la primera actividad los circuitos se implementaron con focos y pilas y fue realizada por los grupos G2-1 y G2-2 en el periodo Enero – Abril, de 2016. En esta actividad práctica los alumnos analizaron cuantitativa y cualitativamente los circuitos llevando a cabo la medición de voltajes y corrientes, así como mediante la observación de la intensidad luminosa de los focos.

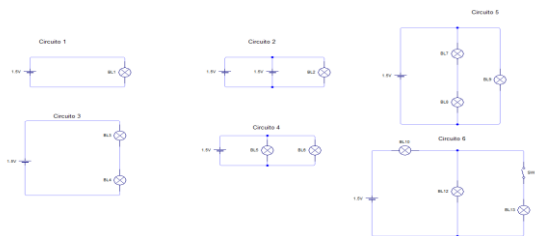


FIGURA 1. Circuitos implementados con focos

La segunda actividad consta de dos partes, para la primera parte se diseñó una aplicación en el programa gráfico LABVIEW en la cual se simulan los circuitos serie y paralelo, en la segunda parte los alumnos implementan los circuitos en

laboratorio. Esta práctica fue llevada a cabo por los alumnos de los grupos G2-1 y G2-2 en el periodo Enero – Abril, de 2017. En ambas actividades, en 2016 y en 2017, los alumnos realizaron la prueba DIRECT V1.2 antes (pre test) y después (post test) de la actividad experimental.



FIGURA 2. Presentación de la simulación de los circuitos serie paralelo.

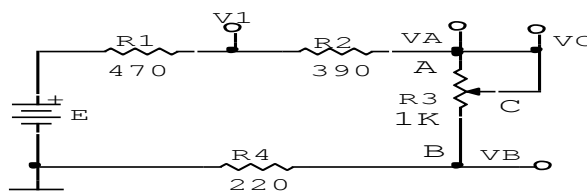


FIGURA 3. Uno de los cinco circuitos simulados e implementados en laboratorio.

A. Instrumento de evaluación

Como instrumento de evaluación se aplicó la prueba conceptual para circuitos resistivos conectados a una fuente de voltaje de corriente directa, presentada en los trabajos realizados por Engelhardt, *et al.* [28], *Determinig and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test* (DIRECT V1.2) traducida al español por Pérez, *et al.* [29].

La prueba DIRECT fue desarrollada para evaluar la comprensión de los alumnos de circuitos eléctricos resistivos de corriente directa y determinar los conceptos erróneos subyacentes y se diseñó para poder ser aplicada tanto a alumnos de bachillerato como de análisis de circuitos eléctricos en cursos iniciales de ingeniería, consta de 29 preguntas con cinco opciones de respuesta, siendo únicamente una la correcta [28]. Esta, al igual que otras pruebas, incorpora muchas de las dificultades de aprendizaje y conceptos erróneos que tienen los alumnos, de acuerdo con diversos investigadores. Los objetivos de la prueba, categorías y números de preguntas correspondientes, se muestran en la Tabla I.

TABLA I. Objetivos de la prueba y sus categorías.

DESCRIPCIÓN DE OBJETIVOS DE LA PRUEBA	PREGUNTA
Aspectos físicos de circuitos eléctricos energizados con voltaje cd	4, 5, 9 10, 13, 14, 18, 19, 22, 23, 27
1. Identificar y explicar un corto circuito (la mayoría de la corriente sigue la trayectoria de menor resistencia.)	

<ol style="list-style-type: none"> 2. Comprender la función de los elementos de circuito que tienen dos posibles puntos con los cuales hacer una conexión. 3. Identificar un circuito completo y comprender la necesidad de un circuito completo para que fluya corriente en estado constante (algunas cargas están en movimiento, pero sus velocidades en cualquier lugar no cambian y no hay acumulación de exceso de carga en cualquier lugar del circuito.) 4. Aplicar el concepto de resistencia (la oposición al flujo de carga en un circuito) que incluya que resistencia es una propiedad del objeto (geometría del objeto y tipo de material que lo compone) y que, cuando se conectan varios elementos en serie la resistencia se incrementa, y que la resistencia se reduce cuando se conectan varios elementos en paralelo. 5. Interpretar imágenes y diagramas de una variedad de circuitos que incluye series, paralelos y combinaciones de ambos. 	
<p>Energía</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Aplicar el concepto de potencia (trabajo hecho por unidad de tiempo). 7. Aplicar una comprensión conceptual de conservación de la energía que incluya La Ley de voltajes de Kirchoff y la batería como una fuente de energía. 	2, 13, 21
<p>Corriente</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Comprender y aplicar la conservación de la corriente (conservación de la carga en estado constante) a una amplia diversidad de circuitos. 9. Explicar los aspectos microscópicos del flujo de corriente a través del uso de términos electrostáticos como son el campo eléctrico, diferencias de potencial y la interacción de fuerzas sobre partículas con carga. 	1, 8, 11, 17, 20
<p>Diferencia de potencial (Voltaje)</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. Aplicar el conocimiento de que la cantidad de corriente es influenciada por la diferencia de potencial mantenida por la batería y la resistencia en el circuito. 11. Aplicar el concepto de diferencia de potencial a una variedad de circuitos que incluye el conocimiento de que la diferencia de potencial en un circuito serie se suma mientras que en un circuito paralelo permanece igual. 	6, 7, 15, 16, 24, 25, 28, 29

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Con base en los resultados de la prueba de diagnóstico DIRECT V1.2, es posible calcular la ganancia promedio normalizada de aprendizaje, propuesta en Hake [30], en su análisis sobre el aprendizaje de un grupo de alumnos de un curso, mediante la fórmula de la ganancia promedio normalizada, en la cual, en este trabajo, se considera que 10 es la máxima calificación que puede obtener un alumno.

$$g = \frac{Ev \text{ post test} - Ev \text{ pre test}}{10 - Ev \text{ pre test}} \quad (1)$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, Hake [30] establece tres intervalos de medida de la ganancia del aprendizaje.

- Ganancia en aprendizaje baja si el factor $g < 0.3$
- Ganancia en aprendizaje media si el factor g está en el intervalo $0.3 \leq g < 0.7$
- Ganancia en aprendizaje alta si el factor g está en el intervalo $0.7 \leq g \leq 1$

En una distribución normal, un estadístico de prueba, que se construye bajo el supuesto de que la hipótesis nula H_0 , es verdad, es una variable aleatoria con distribución conocida.

Si H_0 es verdad, el valor del estadístico de prueba debe estar dentro del intervalo de aceptación de los valores más probables de su distribución asociada. Si el valor estadístico está en una de las colas (región de rechazo), de la distribución asociada, fuera del intervalo de valores más probables, es evidencia en contra de que este valor pertenece a dicha distribución, por lo que se infiere que está mal el supuesto bajo el cual se formuló, es decir, H_0 es falsa, Gutiérrez [31].

Para analizar el nivel de significancia de los resultados obtenidos en la prueba DIRECT V1.2, se aplicó la Prueba t de Student con el programa Excel de Microsoft, en el cual se considera a $\alpha=0.05$ como el nivel de significancia de la prueba y es la probabilidad de rechazo de la hipótesis nula H_0 , [31].

TABLA II. Resultados de la prueba de diagnóstico DIRECT V1.2, alumnos de los grupos G2-1, G2-2 y G2-3 del periodo Enero – Abril, de 2016. Escala 0 a 10.

Alumno	Pre Test	Post Test	Pre Test	Post Test	Pre Test	Post Test
	G2-1	G2-1	G2-2	G2-2	G2-3	G2-3
1	3.750	4.375	3.750	4.375	5.000	7.500
2	2.500	3.750	5.000	6.875	6.250	3.750
3	3.750	3.125	2.500	3.750	8.750	3.750
4	5.000	5.000	5.000	4.375	3.750	6.875
5	3.750	5.625	6.250	3.750	2.500	6.875
6	5.000	3.750	2.500	6.875	5.000	5.625
7	3.750	3.750	5.000	3.750	2.500	2.500
8	2.500	5.000	5.000	8.125	5.000	5.000
9	2.500	4.375	2.500	5.625	5.000	4.375
10	3.750	4.375	3.750	5.000	3.750	3.750
11	2.500	4.375	2.500	6.250	3.750	6.250
12	3.750	4.375	3.750	5.000	2.500	5.000
13	3.750	3.750	2.500	5.000	6.250	5.000
14	3.750	5.000	5.000	2.500	10.000	5.625
15	2.500	3.750	5.000	6.250	3.750	5.000

16	2.500	5.000	5.000	3.750	5.000	3.750
17	2.500	4.375	3.750	6.250	6.250	7.500
18	5.000	6.875	3.750	6.250	6.250	3.125
19	3.750	3.125	3.750	5.625	3.750	4.375
20	6.250	3.125	2.500	3.750	3.750	6.250
21	3.750	5.000	3.750	3.750	7.500	5.000
22	5.000	3.125	5.000	6.250	5.000	5.625
23	2.500	3.125	3.750	5.625	5.000	3.750
24	5.000	3.750	5.000	5.000	3.750	5.000
25	6.250	2.500	5.000	5.625	6.250	5.625
26	2.500	2.500	5.000	3.750		
27	2.500	3.125	7.500	8.750		
28			5.000	8.750		
29			2.500	6.875		
30			6.250	6.875		
31			2.500	6.250		
PROM	3.704	4.074	4.194	5.504	5.050	5.075

Con los promedios obtenidos con la ecuación (1) se calcula la ganancia de los grupos que realizan el experimento G2-1 y G2-2 y el grupo de control G2-3.

TABLA III. Resultados de Ganancia de Aprendizaje g para los grupos G2-1, G2-2 y G2-3 del periodo enero – abril, de 2016.

Grupo	Alumnos	Pre Test	Post Test	g
G2-1	27	3.704	4.074	0.0625
G2-2	31	4.194	5.504	0.316
G2-3	25	5.05	5.075	0.0051

Los resultados que se presentan en la Tabla III indican que la ganancia es muy baja para los grupos G2-1 y G2-3, de 0.0625 y 0.0051, respectivamente, mientras que el grupo G2-2 tuvo una ganancia moderada de 0.316, de acuerdo a [30]. Por lo que se concluye que los alumnos del grupo G2-1 no variaron sus ideas respecto a los conceptos de corriente y voltaje con la aplicación de la actividad experimental planeada, así que para el grupo G2-1 se acepta la hipótesis nula, H_01 , ya que la experimentación con los circuitos serie y paralelo, simples, implementados con focos y pilas, no propiciaron una mejor comprensión de los conceptos involucrados.

Mientras que para el grupo G2-2 se concluye que se rechaza la hipótesis nula H_01 , ya que la implementación de los circuitos en serie y en paralelo sencillos, con focos y pilas, propician una mejor comprensión de los conceptos involucrados. En tanto, que los alumnos del grupo G2-3 fue el grupo de control por lo que no realizaron la actividad práctica implementado los circuitos serie y paralelo.

A los resultados obtenidos se aplicó la Prueba t de Student con el programa Excel de Microsoft, para analizar qué tan significativo es la práctica realizada por los alumnos, con lo que se obtienen los siguientes resultados.

TABLA IV. Resultados de la Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para G2-1 del 2016.

Descripción	Pre test	Post test
Media	3.704	4.074

Varianza	1.380	1.003
Observaciones	27	27
Coeficiente de correlación de Pearson	-0.063	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	26	
Estadístico t	-1.209	
$P(T \leq t)$ una cola	0.119	
Valor crítico de t (una cola)	1.706	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.237	
Valor crítico de t (dos colas)	2.056	

De acuerdo con los resultados obtenidos por el grupo G2-1 del 2016, el valor del estadístico t que es de magnitud 1.209 se encuentra dentro del área de aceptación de la hipótesis nula, ya que es menor al valor crítico de $t = 2.056$, que es:

- H_01 , No hay diferencia en la comprensión de los conceptos involucrados antes y después de la actividad experimental desarrollada por los alumnos.

Lo que se confirma con el valor de $p=0.237$ el cual es mayor que el nivel de significancia $\alpha=0.05$ lo que significa que se acepta la hipótesis nula.

Por lo que se considera, de acuerdo con el presente análisis, que el grupo G2-1 del 2016 mediante la actividad experimental que realizaron no se modificó su comprensión de los conceptos involucrados ni dan lugar a otros aprendizajes, como son las habilidades y destrezas en el manejo y operación de instrumentos de medición físicos y virtuales.

TABLA V. Resultados de la Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para G2-2 del 2016.

Descripción	Pre test	Post test
Media	4.194	5.504
Varianza	1.724	2.433
Observaciones	31	31
Coeficiente de correlación de Pearson	0.154	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	30	
Estadístico t	-3.886	
$P(T \leq t)$ una cola	0.000	
Valor crítico de t (una cola)	1.697	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.00052	
Valor crítico de t (dos colas)	2.042	

De acuerdo con los resultados obtenidos por el grupo G2-2 del 2016, el valor del estadístico t se encuentra dentro del área de rechazo de la hipótesis nula.

Lo que se confirma con el valor de $p=0.00052$ el cual es menor que el nivel de significancia $\alpha=0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula.

Por tanto, se considera que el grupo G2-2 del 2016, mediante la actividad experimental que realizaron modificó su comprensión de los conceptos involucrados y dan lugar a otros aprendizajes, como son las habilidades y destrezas en el manejo y operación de instrumentos de medición físicos y virtuales

De acuerdo con los resultados obtenidos por el grupo G2-3, el valor del estadístico t que es de magnitud 0.053 se encuentra dentro del área de aceptación de la hipótesis nula, ya que es menor al valor crítico de $t = 2.064$.

TABLA VI. Resultados de la Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para G2-3 del 2016.

Descripción	Pre test	Post test
Media	5.050	5.075
Varianza	3.448	1.768
Observaciones	25	25
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.054	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-0.053	
$P(T \leq t)$ una cola	0.479	
Valor crítico de t (una cola)	1.711	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.958	
Valor crítico de t (dos colas)	2.064	

Lo que se confirma con el valor de $p = 0.958$ el cual es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ lo que significa que se acepta la hipótesis nula.

En la Tabla IX se presentan los resultados de la prueba de diagnóstico DIRECT V1.2 a los grupos G2-1, G2-2 y G2-3 del periodo Enero – Abril, de 2017, donde se incluye el número de alumnos por grupo que presentaron ambos exámenes. En este caso el grupo G2-3 se considera de control ya que no realizaron la actividad práctica.

TABLA VII. Resultados de la prueba de diagnóstico DIRECT V1.2, alumnos de los grupos G2-1, G2-2 y G2-3 del periodo Enero – Abril, de 2016. Escala 0 a 10.

Alumno	Pre Test	Post Test	Pre Test	Post Test	Pre Test	Post Test
	G2-1	G2-1	G2-2	G2-2	G2-3	G2-3
1	3.750	4.375	2.500	6.875	5.000	7.500
2	5.000	6.875	4.375	5.625	6.250	3.750
3	3.125	5.000	3.750	5.625	8.750	3.750
4	1.875	5.000	5.000	5.625	3.750	6.875
5	3.125	6.250	5.000	5.000	2.500	6.875
6	5.000	3.750	3.750	5.625	5.000	5.625
7	3.750	7.500	3.125	5.000	2.500	2.500
8	4.375	2.500	3.125	6.250	5.000	5.000
9	5.000	7.500	5.625	6.875	5.000	4.375
10	5.625	5.625	3.125	2.500	3.750	3.750
11	8.750	8.125	6.875	5.000	3.750	6.250
12	6.875	6.875	5.625	5.625	2.500	5.000
13	4.375	5.000	2.500	3.125	6.250	5.000
14	6.250	6.875	6.875	8.125	10.000	5.625
15	5.000	6.250	7.500	5.000	3.750	5.000
16	4.375	5.000	3.125	6.250	5.000	3.750
17	4.375	5.625	3.750	5.000	6.250	7.500
18	6.250	7.500	5.625	8.125	6.250	3.125
19	3.750	5.625	4.375	6.875	3.750	4.375

20	8.750	8.750	3.750	6.875	3.750	6.250
21	8.125	8.750	4.375	5.625	7.500	5.000
22	4.375	5.625	2.500	3.125	5.000	5.625
23	4.375	5.000	4.375	6.250	5.000	3.750
24	2.500	5.625	6.250	7.500	3.750	5.000
25	3.125	3.750	6.250	6.875	6.250	5.625
26	4.375	7.500	6.250	3.750		
27	3.125	3.125	3.750	5.000		
28	4.375	5.625	3.125	5.625		
29	5.000	7.500	5.000	7.500		
30	4.375	6.250	4.375	3.125		
31	1.250	3.125	3.125	6.250		
32	3.750	7.500	1.875	7.500		
33	1.250	3.750	0.625	6.875		
34	4.375	6.250	5.000	6.875		
35	5.000	8.125	2.500	3.750		
36	3.125	3.750	1.875	3.750		
PROM	4.497	5.868	4.184	5.677	5.050	5.075

Con los promedios obtenidos se calcula la ganancia de los grupos que realizan el experimento G2-1 y G2-2 y el grupo de control G2-3.

TABLA VIII. Resultados de Ganancia de Aprendizaje g para los grupos G2-1, G2-2 y G2-3 del periodo Enero – Abril, de 2017.

Grupo	Alumnos	Pre Test	Post Test	g
GR2-1	36	4.497	5.868	0.3314
GR2-2	36	4.184	5.677	0.3174
GR2-3	25	5.05	5.075	0.0051

Los resultados que se presentan en la Tabla VIII indican que la ganancia es muy baja para el grupo G2-3, $g = 0.0051$, mientras que los grupos G2-1 y G2-2 tuvieron una ganancia moderada de 0.3314 y 0.3174, respectivamente, de acuerdo a [30]. Por lo que se concluye que para los alumnos del grupo G2-1 y G2-2 del periodo ene – abr 2017 no se acepta la hipótesis nula H_0 ya que la experimentación con el simulador diseñado y la implementación de los circuitos con elementos resistivos, propiciaron una mejor comprensión de los conceptos involucrados.

En tanto, que los alumnos del grupo G2-3 que fue el grupo de control no realizaron la actividad práctica implementado los circuitos serie y paralelo.

A los resultados obtenidos se aplicó la Prueba t de Student con el programa Excel de Microsoft, para analizar qué tan significativo es la actividad experimental realizada por los alumnos, con lo que se obtienen los siguientes resultados.

TABLA IX. Resultados de la Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para G2-1 del 2017.

Descripción	Pre test	Post test
Media	4.497	5.868
Varianza	3.076	2.774
Observaciones	36	36
Coefficiente de correlación de Pearson	0.681	
Diferencia hipotética de las medias	0	

Grados de libertad	35	
Estadístico t	-6.016	
$P(T \leq t)$ una cola	0.0000003675	
Valor crítico de t (una cola)	1.690	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.0000007351	
Valor crítico de t (dos colas)	2.030	

De acuerdo con los resultados obtenidos por el grupo G2-1 del 2017, el valor del estadístico $t = -6.016$ se encuentra dentro del área de rechazo de la hipótesis nula, ya que es mayor que el valor crítico de $t = 2.03$

Lo que se confirma con el valor de $p = 0.0000007351$ el cual es mucho menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula.

Por lo que se considera que el grupo G2-1 mediante la actividad experimental que realizaron modificaron su comprensión de los conceptos involucrados y dan lugar a otros aprendizajes, como son las habilidades y destrezas en el manejo y operación de instrumentos de medición físicos y virtuales.

TABLA X. Resultados de la Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para G2-2 del 2017.

Descripción	Pre test	Post test
Media	4.184	5.677
Varianza	2.563	2.196
Observaciones	36	36
Coefficiente de correlación de Pearson	0.240	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	35	
Estadístico t	-4.707	
$P(T \leq t)$ una cola	0.0000193790	
Valor crítico de t (una cola)	1.690	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.0000387579	
Valor crítico de t (dos colas)	2.030	

De acuerdo con los resultados obtenidos por el grupo G2-2 del 2017, el valor del estadístico $t = -4.707$ se encuentra dentro del área de rechazo de la hipótesis nula, ya que es mayor que el valor crítico de $t = 2.03$.

Lo que se confirma con el valor de $p = 0.0000387579$ el cual es mucho menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula.

Por lo que se considera que el grupo G2-2 del 2017 mediante la actividad experimental que realizaron modificó su comprensión de los conceptos involucrados y dan lugar a otros aprendizajes, como son las habilidades y destrezas en el manejo y operación de instrumentos de medición físicos y virtuales.

V. CONCLUSIONES

Si bien los alumnos tienen interés en la realización de actividades experimentales implementando circuitos eléctricos, por los resultados obtenidos se observa que cuando trabajaron con el simulador del circuito desarrollado

con el programa gráfico LAB VIEW se involucraron más, logrando una ganancia en aprendizaje mayor.

Por lo cual se han desarrollado dos simulaciones más, una sobre la respuesta transitoria de una red RC a la cual se le aplica voltaje de corriente directa y otra sobre la máxima transferencia de energía en un circuito resistivo, teniéndose planes para desarrollar más aplicaciones sobre diversos temas de la asignatura de análisis de circuitos eléctricos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Politécnica de Sinaloa el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Committee on Undergraduate Science Education, (CUSE). Science Teaching Reconsidered: A Handbook. The National Academies Press. 1997, <https://nap.edu/5287>
- [2] Boylestad R., *Introducción al análisis de circuitos*, Pearson Educación, 2004, Décima Edición.
- [3] Mc Dermott, L.C., Shaffer, P. S., *Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding*, American Journal of Physics, (1992). https://www.researchgate.net/publication/253849704_Research_as_a_Guide_for_Curriculum_Development_An_Example_from_Introductory_Electricity_Part_I_Investigation_of_Student_Understanding
- [4] Redish, E. F., Saul, J. M., & Steinberg, R. N., *Student expectations in introductory physics*, American Journal of Physics **66**, 212-224 (1998). <https://pdfs.semanticscholar.org/3890/ec40b16731f549eb1130b3e84cce25175943.pdf>
- [5] Engelhardt, P., *Examining students' understanding of electrical circuits through multiple – choice testing and interviews*. (Tesis de doctorado). (1997). <http://www.central.org/items/detail.cfm?ID=11585&DocID=25008&Attachment=1>
- [6] Fredette, N. H., *College student conceptions of electric circuits*, Doctoral Dissertations. (1981). http://scholarworks.umass.edu/dissertations_1/3663
- [7] Redish, E., *Problem solving and the use of math in physics courses*, World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change, Delhi, August 21-26, (2005). <http://www.physics.umd.edu/perg/papers/redish/IndiaMath.pdf>
- [8] Campos Salazar, M., *Conceptos errados en circuitos eléctricos. Dificultades relacionadas con la corriente eléctrica en un circuito de corriente continua*, Ciencia Ahora, **24**, (2009).
- [9] Muñoz, M. I., García, J. I., *Aprendizaje de electrónica de potencia basado en competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior*, IEEE-RITA **2**, 89 – 98 (2007). <http://rita.det.uvigo.es/200711/uploads/IEEE-RITA.2007.V2.N2.A4.pdf>

- [10] AAPT, *Goals of the Introductory Physics Laboratory*, American Journal of Physics **66**, 483-485 (1998). https://www.uv.es/fisicadoc/laboratoris_grau_fisica/Goals-physicslabs.pdf
- [11] Carreras, C., Yuste, M., Sánchez, J.P., *La importancia del trabajo experimental en física: Un ejemplo para distintos niveles de enseñanza*, Revista Cubana de Física **24**, 80 – 83 (2007)
- [12] Benítez, Y., Mora, C., *Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería*. Revista Cubana de Física **27**, 175-179 (2010). <http://www.revistacubanadefisica.org/RCFextradata/OldFiles/2010/vol.27-No.2A/RCF27-2A-2010-175.pdf>
- [13] Timmermann, D., Kautz, C., *Investigating student learning of the voltage and potential concepts in introductory electrical engineering*, (IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings, Madrid, 2014), pp. 1-4 <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7044048&isnumber=7043978>
- [14] Dima, N., *La Ley de Ohm: resultados de una propuesta experimental desde el enfoque del Aprendizaje Activo de la Física*, Revista Enseñanza de la Física **27**, 63-71 (2015). <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12953/13172>
- [15] UNESCO, *Uso de TIC en educación en América Latina y El Caribe* (2013). <https://virtualeduca.org/documentos/centrodocumentacion/2013/219369s.pdf>
- [16] Demkanin, P., Kibble, B., Lavonen, J., Guitar, J., Turlo, J., *Effective use of ICT in Science Education. Publication supported by the European Commission, Directorate General for Education and Culture in the framework of SOCRATES: Comenius – European cooperation for the training of school education staff*. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC98209/jrc98209_r_digcomporg_final.pdf
- [17] Espino, P., Rendón, J., Valdez, J., *Design of a Labview Application for the teaching Mechanical Vibrations in a Mechatronics Engineering Program*, IEEE Latin America Transactions **13**, 3-1507 (2015). http://sistemanodalsinaloa.gov.mx/archivoscomprobatorios/_11_articulosrevistasindexadas/22021.pdf
- [18] Marín, J.A., Agudelo, J. M., *Aprendizaje interactivo del electromagnetismo usando LABVIEW*, IIEC **1**, 2-5 (2006). http://portalweb.ucatolica.edu.co/easyWeb2/files/44_354_vln2marinotros.pdf
- [19] Vaquiro, Y. A., *Uso de LabView como una alternativa para el mejoramiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje en inducción electromagnética*, Universidad de la Amazonia, 9-14. <https://docplayer.es/9361792-Uso-del-labview-como-una-alternativa-para-el-mejoramiento-de-los-procesos-de-ensenanza-aprendizaje-en-la-induccion-electromagnetica.html>
- [20] Sharad, S., *A Biomedical Engineering Startup Kit For LabView*, Annual Conference & Exposition, Pittsburgh, Pennsylvania, (2008). <https://peer.asee.org/4138>
- [21] Thornton, R., Sokoloff, D., *Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools*, American Journal of Physics **58**, 858-867 (1990). https://www.researchgate.net/publication/252658240_Learning_Motion_Concepts_Using_Real-Time_Microcomputer-Based_Laboratory_Tools
- [22] McDermott, L., *What we teach and what is learned – Closing the gap*, American Journal of Physics **59**, 301-315 (1991). https://www.researchgate.net/publication/241213640_Millik_an_Lecture_1990_What_we_teach_and_what_is_learned-Closing_the_gap
- [23] Laws, P., *Calculus-based Physics without lectures, Physics Today*, American Institute of Physics **44**, 24-31 (1991). http://www.lajpe.org/icpe2011/18_Julio_Benegas.pdf
- [24] Benegas, J., *Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la Física*, Latin American Journal of Physics Education **1**, 32-38 (2007). http://www.lajpe.org/sep07/BENEGAS_Final.pdf Institute of Physics, 1991. http://www.lajpe.org/icpe2011/18_Julio_Benegas.pdf
- [25] Godoy, P., Benegas, J., Pandiella, S., *Active learning of physics: Synergy of teaching strategies*, Latin American Journal of Physics Education **6**, Suppl. I, August 2012. http://www.lajpe.org/icpe2011/18_Julio_Benegas.pdf
- [26] López, S., *Metodología para la investigación en electrónica de potencia basada en una nueva herramienta didáctica*, Revista Educación en Ingeniería **12**, 80-89 (2011). https://www.researchgate.net/profile/Oswaldo_Lopez_Santos/publication/274708124_Metodologia_para_la_investigacion_en_electronica_de_potencia_basada_en_una_nueva_herramienta_didactica/links/552e6d3d0cf2d49507180fdb/Metodologia-para-la-investigacion-en-electronica-de-potencia-basada-en-una-nueva-herramienta-didactica.pdf
- [27] Quellmalz, E. S., Timms, M. J., Buckley, B., *The promise of simulation-based science assessment*, The Calipers Project, Int. J. Learning Technology **5**, 243-263. (2010). <http://www.simscientist.org/downloads/IJLT050302%20QUELLMALZ.pdf>
- [28] Engelhardt, P., *Examining students' understanding of electrical circuits through multiple – choice testing and interviews*. (Tesis de doctorado), (1997). <http://www.per-central.org/items/detail.cfm?ID=11585&DocID=25008&Attachment=1>
- [29] Pérez, *Fisiología del ejercicio en la prueba de esfuerzo, Análisis de gases respiratorios, La prueba DIRECT v1.2*, Centro de Medicina del Deporte, España **33**, 5-68 (2016).
- [30] Hake, R., *Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanic test data for introductory physics courses*, American Journal of Physics **66**, 64-74 (1998). Consultado de: http://www.montana.edu/msse/Data_analysis/Hake_1998_Normalized_gain.pdf
- [31] Gutiérrez, H., De la Vara, R., *Análisis y diseño de experimentos*, (3ª edición, McGrawHill, México, 2012) pp. 2-529.