

Aprendizaje Basado en Experimentos: El caso del Laboratorio Remoto VISIR para el estudio de circuitos RC, RL y RLC

The Case of the VISIR Remote Laboratory for the Study of RC, RL, and RLC Circuits

Kendall Ugalde Castro¹ , José Andrés Díaz Loria² , Eduardo Alonso³ , Carlos Arguedas Matarrita⁴ 

Ugalde Castro, et al. (2025). *Aprendizaje basado en experimentos: el caso de Laboratorio Remoto VISIR para el estudio de circuitos RC, RL y RLC*. Nuevas Perspectivas, 4 (8), 1-14.

Fecha de recepción: 23/01/2025

Fecha de aceptación: 24/06/2025

Resumen: Este trabajo describe una propuesta experimental para el montaje de tres circuitos eléctricos estructurados como RC, RL y RLC empleando el Laboratorio Remoto, *Virtual Instrument Systems in Reality* (VISIR), para cuantificar experimentalmente las variables de respuesta τ_C y τ_L y ω_0 en el Laboratorio de Física III de la Universidad Estatal a Distancia. El objetivo de esta propuesta consistió en demostrar el desempeño que propició el laboratorio utilizado VISIR para el montaje y prueba de los circuitos bajo el enfoque didáctico de la secuencia del Aprendizaje Basado en Experimentos. Para ello, se realizó una investigación de laboratorio de tipo evaluativo, mediante un estudio de intervención con los estudiantes. Este estudio incluyó el análisis experimental de los circuitos y la evaluación de los resultados obtenidos a partir de un cuestionario sobre el aprendizaje y la percepción del uso de VISIR en la secuencia didáctica. Los resultados del estudio mostraron que los estudiantes comprendieron el desarrollo de los circuitos mediante el uso de VISIR y la secuencia didáctica, lo que índice en un enfoque favorecedor al proceso de enseñanza y aprendizaje de la UNED.

¹ Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Contacto: kugaldec@uned.ac.cr

² Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Contacto: jodiaz@uned.ac.cr

³ Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Contacto: earias@uned.ac.cr

⁴ Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Contacto: carguedas@uned.ac.cr

Palabras Clave: Laboratorio Remoto, secuencia didáctica, circuitos

Abstract: This work describes an experimental proposal for the assembly of three electrical circuits structured as RC, RL and RLC using the Remote Laboratory, Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR), to experimentally quantify the response variables τ_C and τ_L and ω_0 in the Physics III Laboratory of the Distance State University. The objective of this proposal was to demonstrate the performance of VISIR for the development of circuits under the didactic approach of the Experiment Based Learning sequence. For this purpose, an evaluative laboratory research was carried out through an intervention study with students. This study included the experimental analysis of the circuits and the evaluation of the results obtained from a questionnaire on the learning and perception of the use of VISIR in the didactic sequence. The results of the study showed that the students understood the development of the circuits through the use of VISIR and the didactic sequence, which indexed in a favorable approach to the teaching and learning process of the UNED.

Keywords: Remote Lab, Didactic secuence, circuits

Introducción

El vertiginoso avance de la tecnología está reconfigurando todos los ámbitos de la sociedad, y la educación no es una excepción. En este panorama dinámico, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se presentan como recursos potentes para fortalecer y transformar el proceso de enseñanza y aprendizaje, especialmente en el contexto de la educación a distancia.

Los Laboratorios Remotos (LR) se han convertido en plataformas tecnológicas que permiten a estudiantes y docentes realizar experimentos reales de física (Arguedas-Matarrita et al., 2021; García-Zubía et al., 2023) y otras ciencias a distancia (Conejo-Villalobos et al., 2019). A través de una interfaz web o una aplicación móvil, los usuarios pueden controlar equipos y dispositivos ubicados en espacios físicos, observar los fenómenos físicos en tiempo real y recolectar datos para su análisis.

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño del uso del Laboratorio Remoto VISIR, combinado con el enfoque didáctico del Aprendizaje Basado en Experimentos (ABE), en la comprensión y análisis experimental de circuitos eléctricos tipo RC, RL y RLC, así como en la percepción y aprendizaje de los estudiantes del curso de Física III en la UNED.

Referentes teóricos

Para abordar aspectos teóricos es crucial contextualizar la importancia de algunos marcos conceptuales, de ahí que los referentes teóricos se basen en la comprensión, análisis y desarrollo del proceso investigativo que se llevó a cabo. A través de este enfoque, se abordará algunas ideas y enfoques claves para desarrollar un análisis más detallado sobre los principales hallazgos del tema.

Secuencia didáctica: El Aprendizaje Basado en Experimentos (ABE)

Las secuencias didácticas son estructuras de recursos organizados para poder optimizar un proceso de enseñanza y aprendizaje, particularmente con el ciclo ABE se busca que los estudiantes puedan vincularse a un ambiente próximo al que se desarrolla en el ámbito científico, donde puedan llevar a cabo procesos como “observar, recolectar datos, graficarlos, encontrar patrones y explicarlos

(Sandoval M. et al., 2017).

Con esta secuencia, se busca que el estudiantado construya su propio aprendizaje en la que atraviese diferentes etapas como se constituye el siguiente esquema de la Figura 1.



Figura 1. Esquema del ciclo ABE. Fuente: Adaptación de secuencia (Sandoval M. et al., 2017).

Circuitos RC y RL.

El circuito RC en corriente directa (CD) consiste en una conexión en serie de una fuente de CD, un resistor (R) y un capacitor (C). El montaje del circuito se muestra en la Figura 2.

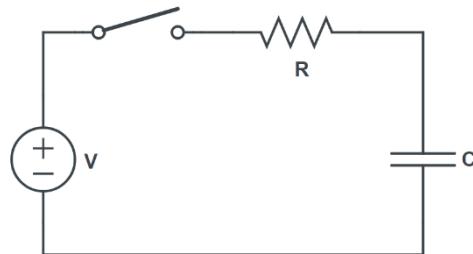


Figura 2. Circuito RC.

La fuente de CD se remplazó por un generador de funciones con una señal de salida cuadrada, de manera que cuando el voltaje es máximo se estudia la carga del capacitor y cuando el voltaje es mínimo se estudia la descarga (Torriente-García et al., 2023). Al circuito de la Figura 2 se pueden aplicar las leyes de Kirchhoff para obtener la Ecuación 1.

$$V - R \frac{dq}{dt} - \frac{q}{C} = 0 \quad (1)$$

En el instante en que se cierra el interruptor del circuito de la Figura 2 la corriente empieza a fluir y el voltaje en el capacitor es cero, como si el circuito fuera solo de un resistor y una batería, pero al pasar el tiempo el capacitor se cargara por completo y la corriente dejará de fluir por el circuito (Goković

et al., 2020). Esto indica que en el instante inicial ($t = 0$) la carga y voltaje en el capacitor son cero, mientras la corriente del circuito es V/R , estas condiciones se usan para resolver la ecuación diferencial en términos del voltaje obteniendo la Ecuación 2.

$$V_C(t) = V(1 - e^{-t/\tau_C}) \quad (2)$$

Donde V representa el voltaje de la fuente, t el tiempo y la constante τ_C (multiplicación entre la resistencia y capacitancia) se llama la constante de tiempo capacitiva y representa el tiempo que le toma al capacitor alcanzar el 63.2% de su voltaje total (Gómez-Aguilar et al., 2014). La Ecuación 2 muestra como el capacitor aumenta su voltaje desde cero hasta su voltaje máximo siguiendo un crecimiento exponencial.

Por otro lado, el circuito RL en CD consiste en una conexión en serie de una fuente de CD, un resistor (R) y un inductor (L). El montaje del circuito se muestra en la Figura 3.

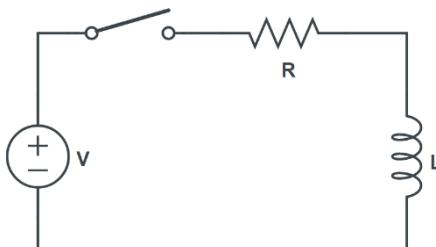


Figura 3. Circuito RL.

Aplicando las leyes de Kirchhoff sobre el circuito de la Figura 3 es posible determinar la Ecuación 3.

$$V - iR - L \frac{di}{dt} = 0 \quad (3)$$

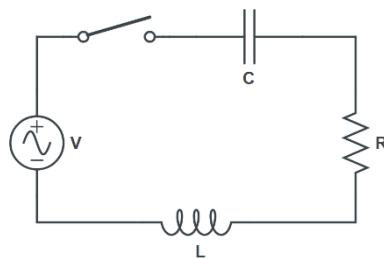
Para resolver esta ecuación diferencial se debe considerar que en un instante inicial justo al cerrar el interruptor ($t = 0$) la corriente es de cero e incrementa paulatinamente hasta alcanzar un valor máximo de V/R (Gojković et al., 2020; Kezerashvili, 2012). Con estas condiciones se determina el voltaje como función del tiempo según la Ecuación 4.

$$V_L(t) = V e^{-t/\tau_L} \quad (4)$$

Al igual que en el circuito RC, V representa el voltaje de la fuente, t el tiempo y la constante τ_L (razón entre la resistencia e inductancia) se llama la constante de tiempo inductiva (Kezerashvili, 2012). A diferencia del circuito RC, la Ecuación 4 muestra como el voltaje tiene un decrecimiento exponencialmente.

Círculo RLC

El circuito RLC en corriente alterna (CA) consiste en la conexión en serie de una fuente de CA (señal de voltaje sinusoidal), un capacitor (C), un resistor (R) y un inductor (L), en la Figura 4 se muestra el montaje del circuito.

**Figura 4.** Circuito RLC.

En CA la resolución de este circuito mediante las leyes de Kirchhoff es compleja debido a la ecuación diferencial resultante, el problema se simplifica al utilizar el método de diagrama de fasores donde el voltaje de cada elemento se considera como un vector que gira alrededor del origen con la misma frecuencia de la fuente de CA (Serway & Jewett, 2019). Al aplicar este método se puede expresar el voltaje en el resistor en función de la frecuencia angular según la Ecuación 5.

$$V_R(\omega) = \frac{V \cdot R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (5)$$

De la Ecuación 5, V representa el voltaje pico de la fuente de CA, R la resistencia, L la inductancia, C la capacitancia y ω la frecuencia angular de la fuente de CA. De la Ecuación 5 se puede apreciar que, si el radical en el denominador es mínimo, el voltaje del resistor se maximiza, lo cual ocurre cuando $\omega_0 = \sqrt{1/LC}$, de manera que el voltaje crece con la frecuencia hasta alcanzar el estado de resonancia donde el voltaje es máximo y a partir de este punto empieza a disminuir (Serway & Jewett, 2019).

Metodología

El proceso investigativo se fundamentó bajo un enfoque cuantitativo que responde a un estudio experimental de laboratorio (Ruiz, 2012) dado que se desarrolló en un espacio de trabajo para potenciar los recursos y el tiempo de ejecución. Por otro lado, se valoraron los resultados experimentales obtenidos por los estudiantes de un mismo grupo.

Para el desarrollo de esta propuesta, se dispuso trabajar en la asignatura del Laboratorio de Física General III, código 03287 que se imparte por la Cátedra de Física para Ingenierías para la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal a Distancia durante el primer semestre del año 2023. Se trabajó con nueve estudiantes matriculados y distribuidos a lo largo de todo el país.

Desarrollo experimental de circuitos en VISIR

Parte A. Circuito RC y circuito RL.

En la primera parte de esta experiencia de laboratorio el estudiante debía armar los circuitos RC y RL según las Figuras 1 y 2 usando el VISIR. Para el circuito RC se construyó un primer caso con un resistor de 10 kΩ y un capacitor de 0.1 μF, mientras que para el segundo caso se usó un resistor de 1 kΩ y un capacitor de 1 μF, en ambas situaciones se utilizó una fuente de corriente que genera una señal de

entrada cuadrada con un voltaje máximo de 2 Vp (voltaje pico) y una frecuencia de 100 Hz. En la Figura 5 se muestra el diseño de estos circuitos en el entorno del VISIR.

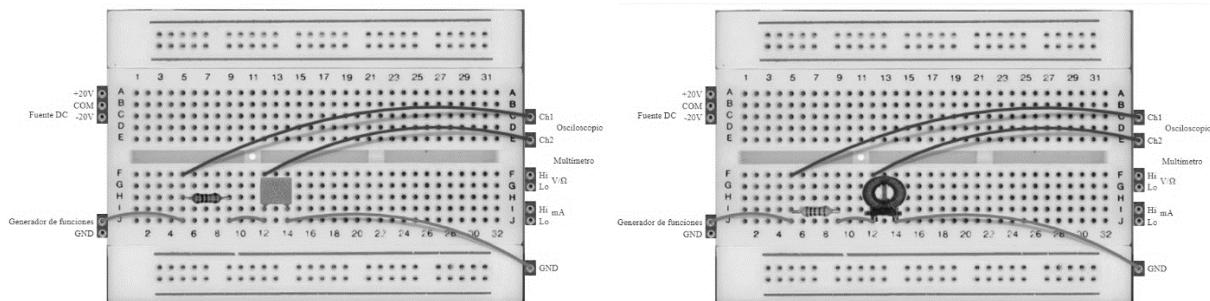


Figura 5. Montaje en el VISIR del circuito RC para el primer caso (izquierda) y RL (derecha).

Una vez el estudiante construye el circuito debe analizar el comportamiento del voltaje en el capacitor e inductor y con base a ello medir la constante de tiempo capacitiva e inductiva, esto lo hace mediante el osciloscopio incorporado en el VISIR como muestra la Figura 6.

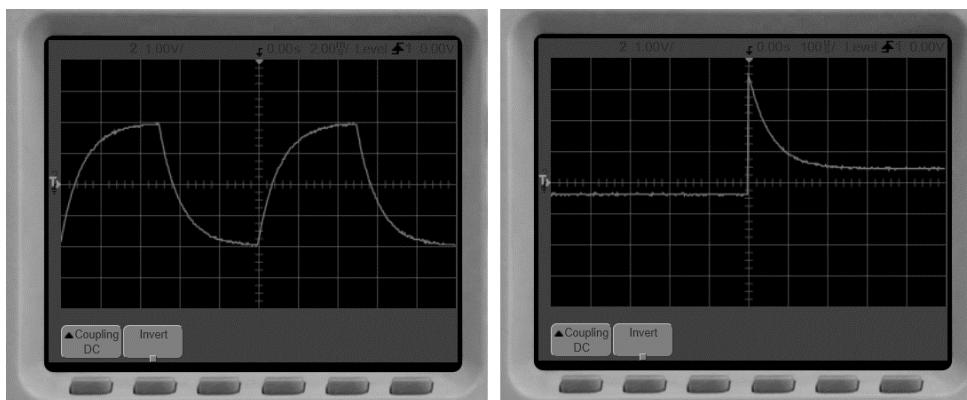


Figura 6. Voltaje como función del tiempo para circuito RC (izquierda) y RL (derecha) usando el osciloscopio incorporado en el VISIR.

Para facilitar la medición de τ_C y τ_L se usan las Ecuaciones 2 y 4, si en estas ecuaciones se considera que el capacitor o inductor alcanza la mitad de su voltaje máximo (la mitad del voltaje de la fuente), se obtiene la siguiente relación.

$$\tau = \frac{t_{med}}{\ln 2} \quad (6)$$

De la Ecuación 6, t_{med} es el tiempo que se toma en alcanzar la mitad del voltaje máximo, el cual es muy sencillo de medir con el osciloscopio, una vez los estudiantes miden t_{med} calculan el valor de τ_C y τ_L experimentalmente con la Ecuación 6 y lo comparan con sus valores teóricos ($\tau_C = RC$ y $\tau_L = LR$).

Parte B. Circuito RLC

Para este caso el estudiante debía construir el circuito RLC según la Figura 4 usando un resistor de 100 Ω, un capacitor de 2.2 nF y un inductor de 10 mH, además como se trata de un estudio en CA debían usar la fuente generando una señal de entrada sinusoidal con un 2 Vp y una frecuencia variable. En la Figura 7 se muestra el montaje de este circuito en el VISIR.

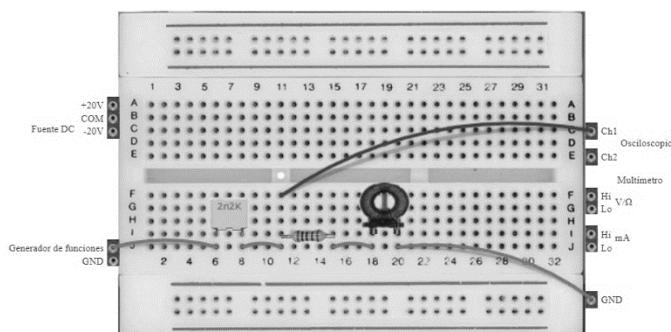


Figura 7. Montaje en el VISIR del circuito RLC.

Una vez el estudiante haya construido el circuito debía analizar el comportamiento del voltaje en el resistor para determinar la frecuencia de resonancia del circuito RLC. Como la señal de entrada es una función sinusoidal en el osciloscopio siempre se apreciará una función de voltaje en función del tiempo de este tipo. Sin embargo, al aumentar la frecuencia la amplitud de la función sinusoidal aumentará hasta alcanzar una frecuencia donde la amplitud empieza a disminuir, esa frecuencia donde se determinó el máximo voltaje antes de iniciar el descenso es la frecuencia de resonancia que el estudiante debe comparar con su valor teórico ($\omega_0 = \sqrt{1/LC}$). Cabe destacar que este es el mismo circuito usado por (Ugalde-Castro et al., 2022) donde se planteó el mismo diseño experimental.

Desarrollo de la secuencia didáctica experimental

Las actividades de laboratorio se llevaron a cabo a través de la plataforma LMS de Moodle denominada “Aprende U” siguiendo el esquema de la secuencia didáctica ABE, en la que el estudiantado implementó los siguientes procesos vinculados al tema 4 y 5 de la asignatura, correspondientes al diseño de circuitos RC, RL y RLC, siguiendo el siguiente esquema de trabajo:

- Semana 1: Actividades de inicio como videos introductorios, ruta de aprendizaje, tutorial, videotutoría de preparación con tiempo total de todas las actividades estimado de 60 a 90 minutos.
- Semana 1: Ficha previa con tiempos estimado de 60 a 120 minutos.
- Semana 2: Trabajo experimental con tiempo estimado de 45 a 120 minutos en trabajo de ejecución experimental.
- Semana 3: Reporte de laboratorio con tiempo de 120 a 180 minutos en la elaboración de escrito final.

- Semana 4: Examen corto con tiempo para la ejecución de la prueba en línea con 30 minutos.

Para la recolección de datos se abarcó los resultados recopilados por el trabajo experimental que desarrolló el estudiantado con cada uno de los circuitos implementados y a su vez se utilizó un instrumento adaptado y validado por los tutores de la cátedra de Física para Ingenierías a partir de la propuesta de (Heck, 2017) a fin de vincular aspectos con enunciados sobre la percepción, usabilidad, satisfacción y elementos de interés general y relacionados con la secuencia ABE (ver Tabla 1), todo bajo enunciados de escala tipo Likert con grados de grado de acuerdo clasificados en 1: totalmente en desacuerdo, 2: en desacuerdo, 3: ni en desacuerdo ni de acuerdo, 4: de acuerdo, 5: totalmente de acuerdo.

iv Secuencia ABE		1	2	3	4	5
E.SD1	¿Cuál fue el grado de satisfacción con el diseño gráfico y de acomodo del entorno de Aprende U para los temas de las prácticas de laboratorio RC y RL así como RCL?					
E.SD2	¿Cuál fue el grado de satisfacción con el diseño y acomodo de los recursos visuales de lectura (objetivo(s), ruta de aprendizaje, prácticas, anexo u otros) en los temas para las prácticas de laboratorio RC, RL y RLC?					
E.SD3	¿Cuál fue el grado de satisfacción con el diseño y acomodo de los recursos audiovisuales (video introductorio, tutorial(es) u otros) en las prácticas de laboratorio RC, RL y RLC?					
E.SD4	¿Cuál fue el grado de satisfacción con el diseño de la práctica en el formato presentado (presentación, modalidad, temática, aspectos generales, reseña histórica, nota teórica, trabajo previo, procedimiento, resultados y discusión) para las prácticas de la RC, RL y RLC?					
E.SD5	¿Cuál fue el grado de satisfacción con el diseño de la plantilla e implementación de la ficha previa (actividad previa al experimento) en las prácticas de laboratorio RC, RL y RLC?					
E.SD6	¿Cuál fue el grado de satisfacción con el diseño de la plantilla para desarrollar el informe (actividad posterior al experimento) para las prácticas de laboratorio RC, RL y RLC?					
E.SD7	¿Cuál fue el grado de satisfacción con la implementación de la videotutoría (previa al experimento) como apoyo para las prácticas de laboratorio RC, RL y RLC?					

E.SD8	¿Considera que el diseño de la modalidad de experimentación (en este caso remota) en las prácticas favoreció al estudiante en la asignatura de laboratorio?				
E.SD9	Respecto al diseño de la lista de cotejo de evaluación para la ficha previa y el informe ¿Considera que el instrumento permite guiar adecuadamente a los estudiantes en cuanto a las valoraciones y recomendaciones que el docente le señaló?				

Tabla 1. Enunciados usabilidad, percepción, satisfacción y aspectos de secuencia ABE.

Resultados

Para el desarrollo de este experimento, se trabajó con los resultados de un total de nueve estudiantes pertenecientes al del primer bloque del año 2023.

En esta experiencia educativa, los estudiantes debían construir individualmente el circuito RC y el circuito RL utilizando el laboratorio remoto VISIR. También debían usar el osciloscopio de este laboratorio para visualizar el comportamiento del voltaje y realizar mediciones.

Los valores de las resistencias se pueden medir directamente a través del multímetro integrado dentro del VISIR, lo cual se hizo para comparar con el valor nominal. Sin embargo, debido a que los valores tanto del capacitor como del inductor no se cuenta con un instrumento de medición directa, se decidió que todos los cálculos se realizaran utilizando los valores nominales.

Se presentó una dificultad adicional al visualizar los voltajes en el osciloscopio, lo cual es esencial para el experimento, ya que de ahí se obtiene el valor del tiempo medio utilizado para calcular la constante de tiempo. La complicación radicaba en que, para algunas combinaciones de resistencia-capacitancia o resistencia-inductancia, no era posible seleccionar todas las variables en el selector de escala del eje temporal. Sin embargo, en todos los casos existió alguna escala en la que era posible realizar la determinación deseada, aunque no se pudiera medir con mayor precisión.

Una tercera experiencia se realizó a través del montaje de un circuito RLC, cuya finalidad fue la de encontrar experimentalmente la frecuencia de resonancia ω_0 . Se utilizaron las mismas funcionalidades del VISIR que en las primeras 2 experiencias, por lo que se tuvieron las mismas posibilidades y limitaciones.

Basados en los resultados conseguidos por los estudiantes utilizando las herramientas del VISIR, se obtuvieron los promedios que se muestran en la Tabla 2 para el circuito RC, en la Tabla 3 para el circuito RL y en la Tabla 4 para el circuito RCL.

Círculo RC				
Resistencia Nominal R (Ω)	Capacitancia Nominal C (μF)	Constante de Tiempo Teórica $\tau_c = RC$ (s)	Constante de Tiempo Experimental promedio $\tau_c = t_{\text{med}}/\ln(2)$ (s)	% Diferencia
1000	0.1	1.00x10-04	1.25 x10-04	25
10000	0.1	1.00x10-03	1.17 x10-03	17
1000	1	1.00x10-03	1.12 x10-03	12

Tabla 2. Determinación de Constante de Tiempo teórica y experimental (valor promedio) para circuito RC.

Círculo RL				
Resistencia Nominal R (Ω)	Inductancia Nominal L (mH)	Constante de Tiempo Teórica $\tau_L = L/R$ (s)	Constante de Tiempo Experimental promedio $\tau_L = t_{\text{med}}/\ln(2)$ (s)	% Diferencia
100	1.00 x10-02	1.00 x10-04	1.34 x10-04	34

Tabla 3. Determinación de Constante de Tiempo teórica y experimental (valor promedio) para circuito RL.

Círculo RLC					
Resistencia Nominal R (Ω)	Capacitancia Nominal C (nF)	Inductancia Nominal L (mH)	Frecuencia de Resonancia Teórica $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (kHz)	Frecuencia de Resonancia Experimental promedio (kHz)	% Diferencia
100	2.2	10	33.932	23.812	30

Tabla 4. Determinación de la frecuencia de resonancia teórica y experimental (valor promedio) para circuito RCL.

En la Tabla 2 se aprecia como las constantes de tiempo capacitivas medidas por los estudiantes tienen porcentajes de diferencia de 25%, 17% y 12% con respecto a los valores teóricos. En la Tabla 3 se aprecia que para el circuito RL el porcentaje de error en la constante de tiempo inductiva es del 35%.

Mientras que en la Tabla 4 el porcentaje de diferencia es del 30% para la frecuencia de resonancia del circuito RCL. Los porcentajes de error del 25% (RC), 35% (RL) y 30% (RCL) pueden indicar una discrepancia elevada entre los valores teóricos y experimentales, pero como se comentó anteriormente los cálculos teóricos se llevaron a cabo con datos nominales y no con mediciones experimentales como la que se podría realizar con un multímetro ya que el VISIR no cuenta la función de medir capacitancia e inductancia, de modo que se desconoce realmente cual es el valor real de los capacitores e inductores utilizados por los estudiantes.

Recientemente, el VISIR se ha actualizado a una versión donde se permiten mediciones de capacitancia con el multímetro y se han observado discrepancias entre los valores nominales y medidos de la capacitancia. Al usar los parámetros medidos en los cálculos teóricos con esa nueva versión (no disponible durante el primer semestre del 2023), se lograron menores porcentajes de diferencia respecto a las mediciones experimentales en los circuitos RC y RCL, esa mejora se puede atribuir a que se tiene un valor más cercano a la capacitancia real. Por otro lado, aún no se cuenta con la capacidad de medir inductancia de modo que no se puede determinar si esto mejoraría los resultados para los circuitos RL y RCL.

No obstante, estas limitaciones técnicas no han impedido evaluar otros aspectos relevantes, como la percepción de los estudiantes sobre el diseño y la implementación de esta secuencia ABE, en la Figura 8 se observa un comportamiento consistente con un nivel de satisfacción positivo, donde predomina los valores de la escala 4 y 5 por parte de los estudiantes que participaron con el diseño de esta secuencia ABE.

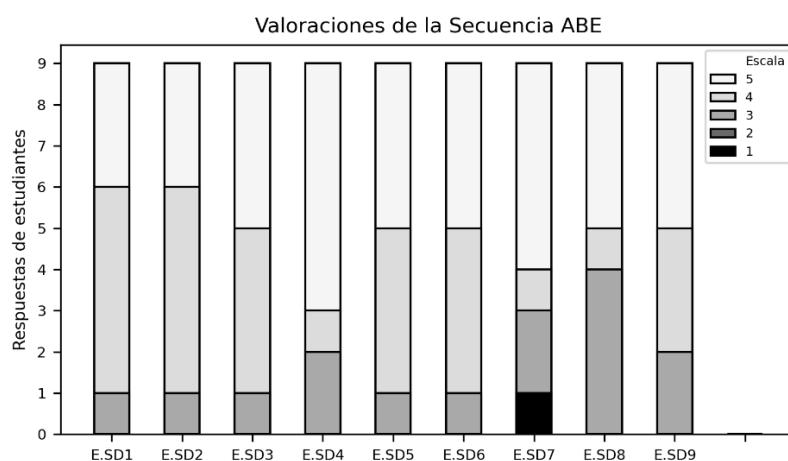


Figura 8. Resultados de encuesta de enunciados de aspectos de secuencia ABE.

Sin embargo, es preciso recalcar el caso de un estudiante que mostró inconformidad en la videotutoría (E.SD7) y los resultados del E.SD8 donde un 44% de los estudiantes mantuvieron indiferentes respecto al diseño de la modalidad de experimentación. En los enunciados E.SD4, E.SD7 y E.SD9 un 22% registró una neutralidad respecto a estos enunciados, mientras que en los enunciados E.SD1, E.SD2, E.SD3,

E.SD5 y E.SD6 un 11% consideró que fue indiferente estos argumentos, lo que evidencia mayormente una alta aprobación de los estudiantes en la secuencia ABE.

A pesar de la valoración positiva general, para algunos estudiantes existen áreas de mejora con la experiencia realizada y la secuencia. En particular, el uso de recursos como la videotutoría podría beneficiarse de un enfoque más interactivo y personalizado, aprovechando las nuevas herramientas digitales y la modalidad de experimentación remota puede ser abarcar nuevos laboratorios como es el caso del HIVE. No obstante, la mejora de esta experiencia puede ser llevada a cabo mediante sesiones de retroalimentación en vivo y ajustar los tiempos de las actividades para asegurar una mayor comprensión de los contenidos antes de los experimentos a fin de que las estrategias empleadas pueden contribuir a reducir la percepción de indiferencia y aumentar el compromiso de los estudiantes.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de las constantes experimentales evidencian que la diferencia promedio oscila en un valor medio 24,4 %, lo que infiere que los estudiantes aprovecharon el uso del VISIR en la construcción de los circuitos RC, RL y RLC, ya que es un recurso idóneo para la experimentación de fenómenos en circuitos eléctricos de corriente alterna con componentes como inductores y capacitores, gracias a la utilización de la visualización de señales por medio de osciloscopio. Este recurso permite no solo la ejecución del fenómeno electrónico de estudio, sino también su análisis cuantitativo para contraponerlo con las ecuaciones teóricas.

La utilización del VISIR para estos experimentos en concreto se percibe como una alternativa comparable a la realización de las mismas prácticas en laboratorios presenciales, ofreciendo una experiencia igualmente enriquecedora (Arguedas-Matarrita et al., 2019). Si bien es cierto que se detectaron limitaciones con el VISIR, estas no impiden la adecuada realización de las experiencias educativas. Por el contrario, las deficiencias son compensadas por los beneficios, permitiéndole al estudiantado la posibilidad de realizar repeticiones, capturas de pantalla, cambios adicionales, etc., dedicando el tiempo y realizando las actividades a su propio ritmo, con el adecuado acompañamiento docente.

Además, para la secuencia ABE se tiene que existe una predominancia de las respuestas de los enunciados en los niveles 4 y 5 sugiriendo que los componentes evaluados, el diseño gráfico, los recursos visuales y audiovisuales, la modalidad de experimentación y las herramientas de apoyo, contribuyeron favorablemente al proceso de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, en aspectos específicos como la videotutoría (E.SD7) y la lista de cotejo (E.SD9), se identifican como áreas de mejora que podrían atenderse en futuras implementaciones para asegurar una experiencia más equitativa y efectiva para todos los estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Arguedas-Matarrita, C., Concari, S. B., Rodriguez-Gil, L., Orduña, P., Elizondo, F. U., Hernandez-Jayo, U., Carlos, L. M., Bento da Silva, J., Marchisio, S. T., Conejo-Villalobos, M., García-Zubía, J., & da Mota Alves, J. B. (2019). Remote experimentation in the teaching of physics in Costa Rica: First steps. *2019 5th Experiment International Conference (exp.at'19)*, 208-212. <https://doi.org/10.1109/EXPAT.2019.8876553>
- Arguedas-Matarrita, C., Conejo-Villalobos, M., Ureña Elizondo, F., Barahona-Aguilar, O., Orduña, P., Rodriguez-Gil, L., Hernandez-Jayo, U., & García-Zubía, J. (2021). Experience with the VISIR Remote Laboratory at the Universidad Estatal a Distancia (UNED). En M. E. Auer & D. May (Eds.), *Cross Reality and Data Science in Engineering* (pp. 162-170). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_13
- Conejo-Villalobos, M., Arguedas-Matarrita, C., & Concari, S. B. (2019). Difundiendo el uso de laboratorios remotos para la enseñanza de la física: Talleres con docentes y estudiantes. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 205-213.
- García-Zubía, J., Hernandez-Jayo, U., & Alves, G. R. (2023). A 360° Overview of the VISIR Remote Laboratory in a Handbook. En M. E. Auer, R. Langmann, & T. Tsatsos (Eds.), *Open Science in Engineering* (pp. 25-35). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42467-0_3
- Gojković, L., Malijević, S., & Armaković, S. (2020). Modeling of fundamental electronic circuits by the Euler method using the Python programming language. *Physics Education*, 55(5), Article 5. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab94d5>
- Gómez-Aguilar, J. F., Razo-Hernández, R., & Granados-Lieberman, D. (2014). A physical interpretation of fractional calculus in observables terms: Analysis of the fractional time constant and the transitory response. *Revista mexicana de física*, 60(1), Article 1.
- Heck, C. (2017). *Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: Um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel*. Universidade Federal de Santa Carina.
- Kezerashvili, R. Ya. (2012). Teaching RC and RL Circuits Using Computer-supported Experiments. *IERI Procedia*, 2, 609-615. <https://doi.org/10.1016/j.ieri.2012.06.142>
- Ruiz, H. M. (2012). *Metodología de la investigación con enfoque en competencias*. CENGAGE Learning.
- Sandoval M., M., García Avalos, M., Mora, C., & Suarez Rodríguez, C. del P. (2017). Estrategia enseñanza-aprendizaje basada en experimentos (ABE) para mejorar la comprensión de gráficas en Cinemática. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(3), 7.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2019). *Física para ciencias e ingeniería* (10.ª ed., Vol. 2). Cengage.
- Torriente-García, I., Muñoz-Pérez, F. M., Martí, A. C., Monteiro, M., Castro-Palacio, J. C., & Monsoriu, J. A. (2023). *Experimenting with RC and RL series circuits using smartphones as function generators and oscilloscopes* (arXiv:2303.16249; Número arXiv:2303.16249). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.16249>
- Ugalde-Castro, K., Picado-Madrigal, J., Campos-Fernández, M. G., Arias-Navarro, E., Lizano-Sánchez, F., & Arguedas-Matarrita, C. (2022). Implementación de un circuito RLC en el laboratorio remoto VISIR para el trabajo experimental en física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 34, 353-361.