

# Implementación de un circuito RLC en el laboratorio remoto VISIR para el trabajo experimental en física

## Implementation of an RLC circuit in VISIR remote laboratory for experimental work in physics

Kendall Ugalde Castro<sup>1\*</sup>, José Picado Madrigal<sup>1</sup>, María Gabriela Campos Fernández<sup>1</sup>, Eduardo Arias Navarro<sup>2</sup>, Fiorella Lizano-Sánchez<sup>2</sup>, Carlos Arguedas-Matarrita<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

<sup>2</sup>Universidad Estatal a Distancia. Laboratorio de Experimentación Remota. San José, Costa Rica.

\*E-mail: [kendall.ugalde@ucr.ac.cr](mailto:kendall.ugalde@ucr.ac.cr)

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

### Resumen

Durante la pandemia por covid-19 las universidades instauraron la enseñanza remota de emergencia, en el caso de actividades experimentales se documenta el uso de laboratorios remotos, uno de los más utilizados es el *Virtual instrument systems in reality* (VISIR) en uno de estos laboratorios se implementó una serie de circuitos RLC, en este trabajo se presentan los resultados del uso de estos circuitos por medio del VISIR de la UNED en dos cursos de física de la Universidad de Costa Rica. Se aplica una prueba conceptual de pre y pos test para luego determinar la ganancia conceptual por medio del factor de Hake, así como la distribución generada por medio del factor de concentración de Bao y Redish (2021), también se hizo uso de estadísticos descriptivos como prueba de hipótesis en este caso la prueba t. Los resultados obtenidos fueron positivos ya que el factor de Hake analizado muestra valores en la zona de ganancia media ( $0.3 \leq g < 0.7$ ), el factor de concentración de (Bao y Redish, 2021) muestra un vector proyectado hacia la zona de un modelo correcto (HH) y en el caso de la prueba t que acepta la hipótesis alternativa en la mayoría de los casos. Entre las conclusiones se destaca que el LR utilizado permite fomentar el trabajo experimental en la pospandemia.

**Palabras clave:** Laboratorios remotos; Circuitos RLC; Factor de Hake; Factor de concentración; Prueba t.

### Abstract

During the pandemic the universities established the Emergency Remote Teaching, in experimental activities they used Remote Laboratories, one of the most important is Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR), in one of these laboratories a series of RLC circuits were implemented, this paper presents the results of the use of these circuits through the VISIR of the UNED in two physics courses at the University of Costa Rica. A conceptual test was applied to determinate the conceptual gain by Hake's factor, as well as the distribution generated by Bao and Redish (2021) concentration's factor. Descriptive statistics were also used as a hypothesis test (t-test in this case). The results were positives since the Hake's factor analyzed shows values in the medium gain zone ( $0.3 \leq g < 0.7$ ), the Bao and Redish (2021) concentration's factor shows a vector projected towards the correct model (HH) and the alternative hypothesis is accepted in most cases in the t-test. Among the conclusions, it is highlighted that the LR used allows promoting experimental work in the post-pandemic.

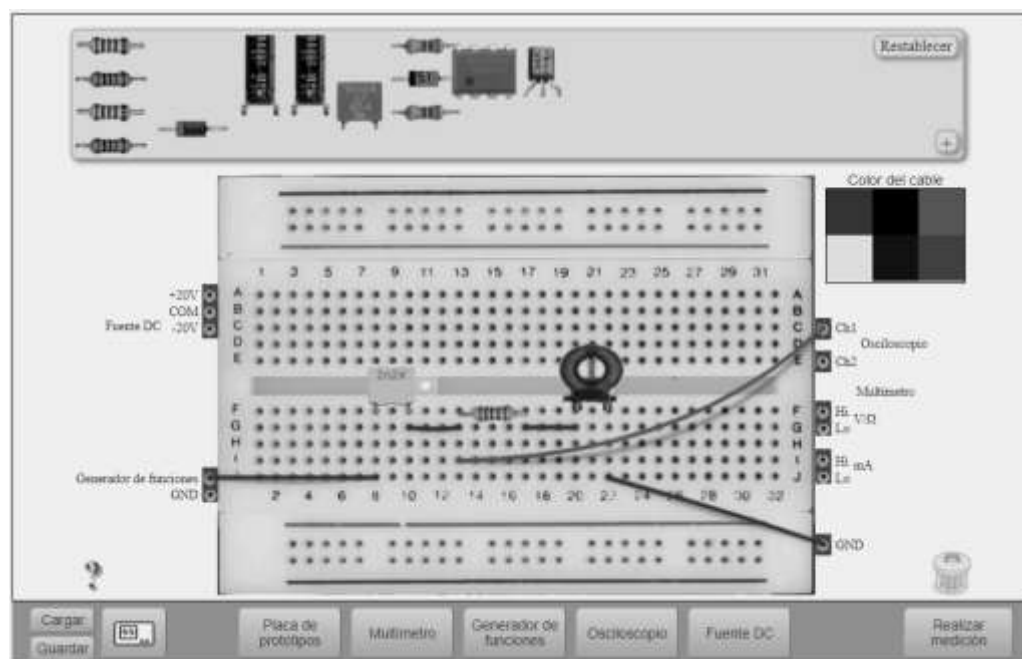
**Keywords:** Remote laboratories; RLC circuits; Hake's factor; Concentration's factor; T-test.

## I. INTRODUCCIÓN

La pandemia de covid-19 llevó a las universidades presenciales a instaurar una enseñanza remota de emergencia mediada por tecnologías, en el caso de las actividades experimentales se han documentado el uso de laboratorios virtuales, simulaciones y laboratorios remotos, como recursos educativos para realizar la actividad experimental a distancia.

Un laboratorio remoto (LR) es un conjunto de tecnologías *hardware* y *software* que permite a profesores y estudiantes realizar actividades experimentales reales en entornos digitales (Arguedas, Ureña y Conejo, 2016). Un LR muy potente que se ha utilizado en diversos contextos es el *Virtual instrument systems in reality* (VISIR) (Alves *et al.*, 2022), se encuentra en universidades de diferentes países, uno de estos LR se encuentra en el Laboratorio de Experimentación Remota de la UNED de Costa Rica (Arguedas-Matarrita *et al.*, 2021), en este LR se puede trabajar en una gran cantidad de circuitos, sin embargo, no se contaba con circuitos RLC, este trabajo tiene como objetivo presentar los resultados del uso de un circuito RLC implementado en el VISIR de la UNED en dos cursos que se ofrecen en la Universidad de Costa Rica (UCR).

Este LR permite el montaje del circuito solicitado y tomar datos de este, por medio de una interfaz que simula la placa de prototipos, la fuente de corriente alterna y el osciloscopio, sumado a la ventaja de extraer datos de un equipo real, en el que se obtienen datos experimentales con una rigurosidad necesaria en la enseñanza de la física. En la figura 1 se muestra un ejemplo de circuito utilizado en la actividad experimental.



**FIGURA 1.** Circuito RCL propuesto para el desarrollo de la práctica: Respuesta a la frecuencia Parte II. Los parámetros que componen el circuito son un capacitor de 2.2 nF, una resistencia de 100  $\Omega$  y un inductor de 10 mH.

## II. METODOLOGÍA

El trabajo sigue un enfoque cuantitativo bajo un diseño experimental de laboratorio (Ruiz, 2012), donde prevalece un control cuidadoso con el objeto de estudio mediante un diseño experimental que busca establecer posturas de causa-efecto al implementar un tratamiento educativo (Martínez, 2020), en el estudio participaron estudiantes de las carreras de ingeniería, física y meteorología. Para la recopilación de datos se diseñó una prueba conceptual aplicada como pre test y pos test que permitió validar por metodologías activas escenarios de ganancia conceptual en el aprendizaje de los estudiantes y el uso de estadísticos descriptivos como prueba de hipótesis.

En la investigación participaron un total de 70 estudiantes, de ellos 36 matriculados en el curso de Laboratorio de Física General III distribuidos en dos grupos distintos, y 34 estudiantes del curso Laboratorio de Física General para Físicos III también distribuidos en dos grupos, los cuales desarrollaron la práctica denominada: "Respuesta a la frecuencia Parte II", la cual tiene como objetivo estudiar el valor experimental de la frecuencia de resonancia. Las actividades se mediaron mediante la plataforma Moodle.

## II.1. Prueba conceptual

La prueba de estabilidad pre test y pos test se validó por los docentes a cargo de los cursos y se aplicó en dos momentos distintos. Para la ejecución, se configuró en la plataforma Moodle con un solo intento en el modo de preguntas y respuestas aleatorizadas a fin de asegurar mayor variabilidad y nivel de confianza con la ejecución. Para ello, se dispuso de un tiempo estimado de 30 minutos, se conformó por 6 ítems de selección única adaptados a los conceptos y aplicaciones en circuitos RLC.

## II.2. Factor Hake

El factor de ganancia propuesto por Richard R Hake en 1998 se estableció como un método estadístico que cuantifica “hacer una comparación de la ganancia conceptual desarrollada por los estudiantes alrededor de una propuesta educativa mediante pruebas conceptuales empleadas como pre test y pos test” (Becerra, 2018, p. 79).

Con esto, la ganancia conceptual se establece a partir de un criterio por un intervalo de valores  $[0,1]$  que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\Rightarrow g = \frac{\% \text{posprueba} - \% \text{preprueba}}{100 - \% \text{preprueba}} \quad (1)$$

Este factor permite establecer que la ganancia obtenida en los resultados se mide a partir de tres rangos de medida establecidos (Hake, 1998) como

- Zona de ganancia alta: si el factor de Hake cumple con  $g \geq 0.7$
- Zona de ganancia media: si el factor de Hake cumple con  $0.3 \leq g < 0.7$
- Zona de ganancia baja: si el factor de Hake cumple con  $g < 0.3$

## II.3. Factor de concentración

Por su parte, el factor de concentración establecido por Bao y Redish (2001) busca mediante un análisis estadístico medir la distribución generada a partir de los resultados generados en la prueba conceptual antes y después a la propuesta experimental con el fin de establecer un mapeo conceptual en el perfil de los estudiantes.

De la misma manera que el factor de Hake, este factor normalizado se rige por un criterio de valores de  $[0,1]$  que señala con un 0 para un factor de concentración bajo y 1 para un máximo posible de respuesta en el factor. Para ello, este método clasifica las respuestas en un patrón L, M y H que refieren a bajo, medio y alto por sus siglas en inglés (Low, Medium, High) que son combinadas con el nivel de concentración medido (ecuación 2) empleando los mismos patrones para obtener diferentes implicaciones como se muestra en la tabla I.

**TABLA I.** Combinación de la concentración y la puntuación para establecer los modelos del factor de concentración. Fuente: (Becerra, 2018. p. 87)

| Estilo      | Nivel | Implicaciones de la puntuación y la concentración     |
|-------------|-------|---|
| Un modelo   | HH    | Un modelo correcto                                    |
|             | LH    | Un dominante modelo incorrecto                        |
| Dos modelos | MM    | Dos modelos populares, uno correcto y otro incorrecto |
|             | LM    | Dos posibles modelos incorrectos                      |
| Sin modelo  | LL    | Situación aleatoria                                   |

El factor de concentración como función de la puntuación de aciertos en una respuesta Bao y Redish (2001), determinaron la siguiente expresión matemática:

$$C(P) = \left( \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1} \right) \left( \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (n_i)^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (2)$$

$m$  es el número de opciones en las respuestas,  $N$  el número de estudiantes y los  $n_i$  representan el número de estudiantes que eligieron la opción  $i$ . Se define que el número mínimo de opciones de respuestas válidas para el factor de concentración como  $m = 2$ , lo que define la restricción de  $N > m$  y con ello no se indetermine la ecuación. (Arias, 2021)

### III. RESULTADOS

Para la presentación de los resultados obtenidos, se consideró realizar el análisis por grupo a cada uno de los cursos de laboratorios donde se implementó la actividad experimental. Para ello, considere la tabla II que resume los indicadores del tamaño de muestra matriculada en cada uno de los grupos de cada curso, así como la población que participó en el proceso completo de la actividad y la realización de la prueba conceptual como pre test y pos test.

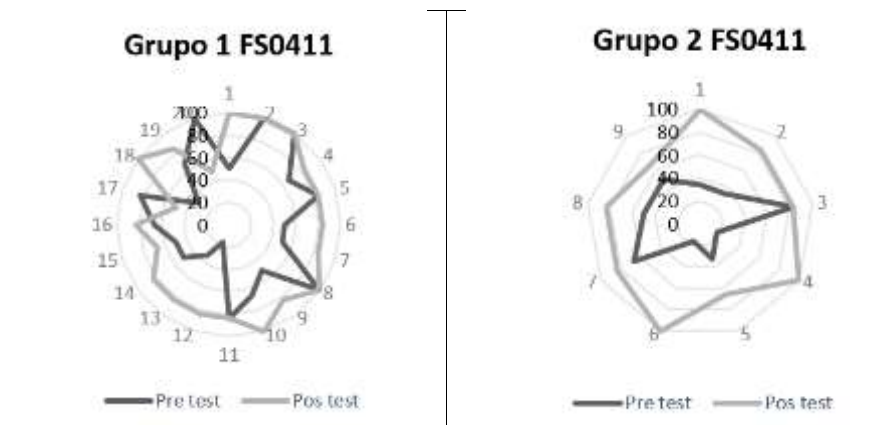
**TABLA II.** Población estudiantil matriculada en las asignaturas de Laboratorio General de Física III y Laboratorio General para Físicos III que ejecutaron el pretest y postest. Fuente: Elaboración propia.

| Sigla   | Curso  | Grupo | Estudiantes que realizaron pretest y postest | Porcentaje de la población inicial |
|---------|--|-------|--|------------------------------------|
| FS-0411 | Laboratorio de Física General III              | 1     | 20   | 80%                                |
|         |  | 2     | 9  | 81,1%                              |
| FS-0428 | Laboratorio de Física General para Físicos III | 1     | 19   | 90,4%                              |
|         |  | 2     | 10   | 76,9%                              |

Al realizar el análisis de ganancia conceptual establecido por (Hake, 1998) encontramos un escenario significativo para los grupos del curso de ingeniería, donde se establece un ganancia media con tendencia cercana al rango de la zona alta para el grupo 01 y una zona alta para el grupo 02 como se observa en la tabla III. Esto permite verificar que el empleo de la propuesta educativa con el diseño experimental ha sido efectivo, dado que los estudiantes lograron mejorar sus resultados en la nota del pos test una vez que se implementó el tratamiento educativo, mismo que coincide con la tendencia del gráfico mostrado en la figura 2, salvo por el caso del estudiante 20 del grupo 01 que tuvo una caída en la nota de su prueba posterior, sin embargo este escenario a pesar de ser poco favorable para el estudiante no alteró la tendencia general del grupo.

**TABLA III.** Resultados del factor de ganancia conceptual de Hake para el curso de Laboratorio de Física General III. Fuente: Elaboración propia.

| Grupo | Pretest | Postest | Factor de Hake |
|-------|---------|---------|----------------|
| 1     | 65,8    | 84,2    | 0,537          |
| 2     | 42,6    | 85,2    | 0,742          |



**Figura 2.** Gráficos con tendencias de los resultados del pre test y pos test según el grupo para el curso FS0411.

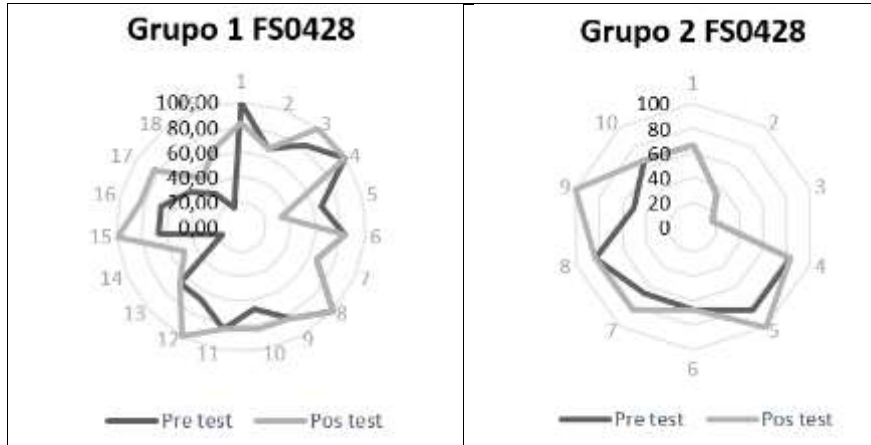
Para el caso del curso ofrecido a los estudiantes de física y meteorología encontramos un escenario muy distinto al caso de ingeniería, ya que para el grupo 01 y 02 vemos una ganancia conceptual en una zona media con tendencia a baja y una zona baja respectivamente como se ilustra en la tabla IV, sin embargo es notorio analizar que si bien el escenario no es óptimo en cuanto a las zonas de ganancia conceptual, en la información se evidencia que las notas promedio de los pre test y pos test son con tendencias de aumento porcentual en cada uno de los grupos, siendo apenas un 10,6 % y 8,3 % respectivamente pero que en ambos grupos superan el límite de aprobación mínima de nota del 70%.

Otro de los puntos a considerar, según se detalla en la figura 3, se aprecia como en el grupo 01 de este curso los estudiantes 1 y 5 obtienen una nota posterior menos a la previa. Además, el caso de los estudiantes 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11

y 13 del grupo 01 y los estudiantes 1, 2, 3, 4, 6, 8 y 10 del grupo 02 reflejan una equivalencia tanto en la nota del pre test como el pos test, lo que justifica el leve aumento en los promedios de las notas finales de cada grupo.

**TABLA IV.** Resultados del factor de ganancia conceptual de Hake para el curso de Laboratorio de Física General para Físicos III. Fuente: Elaboración propia.

| Grupo | Pretest | Postest | Factor de Hake |
|-------|---------|---------|----------------|
| 1     | 67,5    | 78,1    | 0,324          |
| 2     | 61,7    | 70,0    | 0,217          |



**FIGURA 3.** Gráficos con tendencias de los resultados del pre test y pos test según el grupo para el curso FS0428.

De igual manera, al realizar el análisis del factor de concentración de Bao y Redish (2001) se proyectan que para el curso de laboratorio diseñado para estudiantes de ingeniería la dominancia de los patrones del pre tes al pos test pasaron de MM a HH, según se proyecta en la tabla V, esto significó que desde el pre test se encontraron implicaciones de dos modelos populares, donde existía la posibilidad de uno incorrecto o incluso un modelo incorrecto o distribuciones aleatorias pero al aplicar el pos test se establece una importante distribución que recayó sobre el 67 % y 83 % en cada grupo respectivamente en el patrón de un modelo correcto.

Para Bao y Redish (2001), se dice entonces que de acuerdo con la información de la tabla V es posible proyectar un gráfico como se ilustra en la figura 4 donde se establece un vector sobre el plano que va orientado desde el pre test hacia el pos test con el factor de concentración y el acierto promedio de cada grupo. Con esto, se observa claramente que para el curso FS0411 el vector proyectado en cada grupo apuntó hacia la zona del modelo correcto y su norma en el plano representa un diferencial semántico que muestra “aspectos importantes de cómo los estudiantes perciben el aprendizaje” (Kane *et al.*, 2016, p.6), mismo que fue mayormente representado para el grupo 02.

De lo anterior se infiere que para el curso destinado a estudiantes de ingeniería la propuesta del diseño experimental del circuito RLC mediante el LR ha contribuido de manera efectiva en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

**TABLA V.** Resultados del factor de concentración de Bao & Redish para el curso de Laboratorio de Física General III. Fuente: Elaboración propia

| Grupo | Item                    | Pre- test |      |      |      |      |      | Pos test |      |      |      |      |      |
|-------|-------------------------|-----------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|
|       |                         | 1         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 1     | Puntuación              | 0,65      | 0,55 | 0,70 | 0,60 | 0,40 | 1,00 | 0,70     | 1,00 | 0,60 | 0,95 | 0,90 | 0,90 |
|       | Factor de concentración | 0,46      | 0,28 | 0,54 | 0,38 | 0,24 | 1,00 | 0,62     | 1,00 | 0,49 | 1,00 | 0,91 | 0,91 |
|       | Patrón                  | MM        | MM   | MH   | MM   | LM   | HH   | MH       | HH   | MM   | HH   | HH   | HH   |
| 2     | Puntuación              | 0,33      | 0,56 | 0,56 | 0,33 | 0,11 | 0,67 | 0,56     | 1,00 | 0,78 | 1,00 | 0,78 | 1,00 |
|       | Factor de concentración | 0,15      | 0,24 | 0,38 | 0,15 | 0,24 | 0,48 | 0,26     | 0,82 | 0,51 | 0,82 | 0,51 | 0,82 |
|       | Patrón                  | LL        | MM   | MM   | LL   | LM   | MM   | MM       | HH   | HH   | HH   | HH   | HH   |

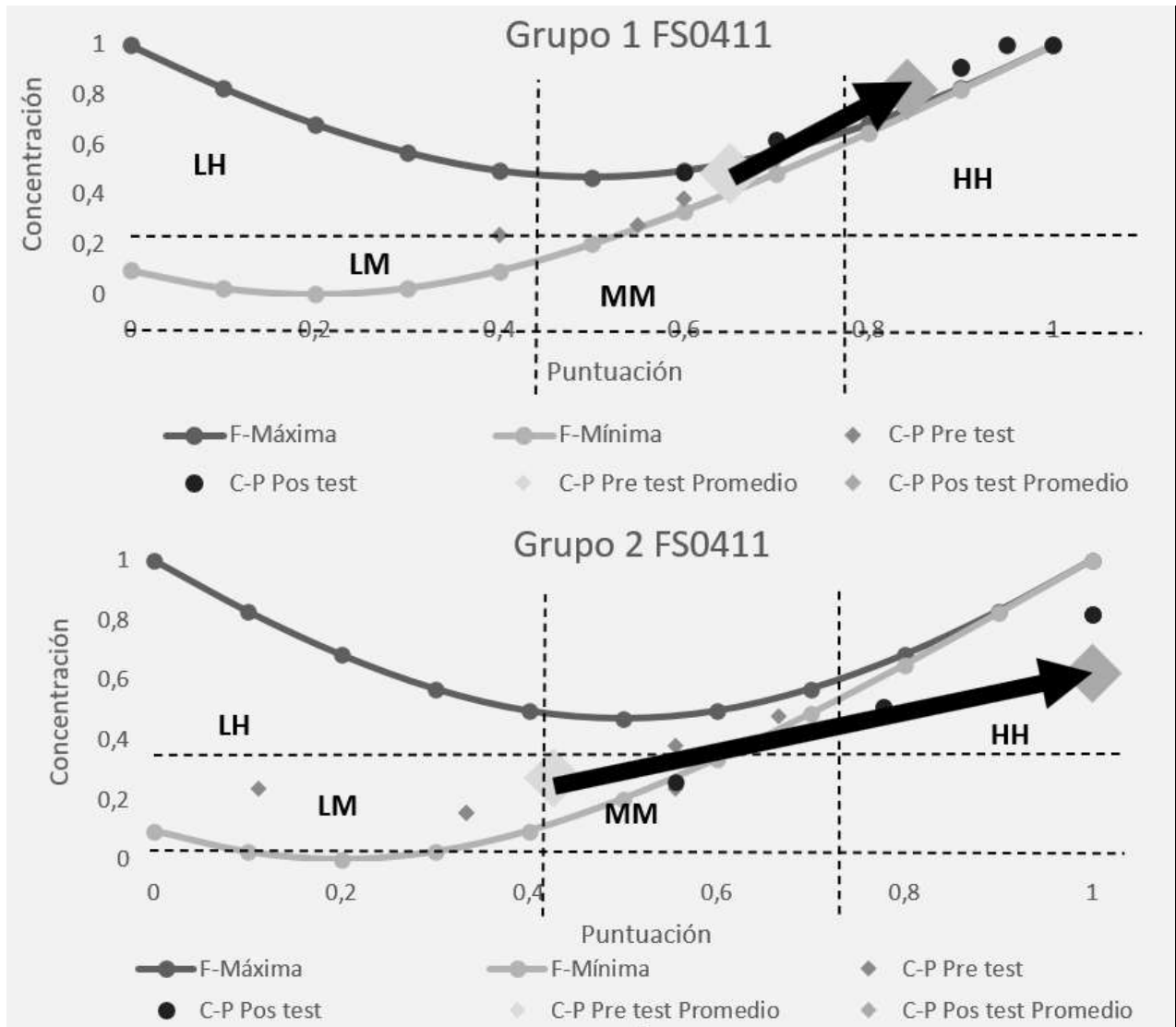


FIGURA 4. Resultados por el factor de concentración para el grupo 1 y 2 del curso FS0411.

Por otra parte, el factor de concentración analizado para el curso de Laboratorio de física para físicos III muestra una tendencia muy distinta al otro curso de laboratorio, pero con un resultado favorable para la propuesta experimental desarrollada.

En este análisis se presentó una tendencia predominante en el pre test del patrón MM con un 67 % y 16% para el grupo 01 y 02 respectivamente y un 33% y un 83 % respectivamente para un patrón HH y ningún caso de patrones bajos, sin embargo al implementar el pos test aparece en un 16% un patrón de LL y LH respectivamente(ver tabla VII), que a pesar de sus implicaciones según Bao y Redish (2001) estos resultados no influyó significativamente en las medias de los grupos, pero estos patrones son vinculantes porque coinciden con lo descrito del factor de Hake para aquellos estudiantes que con la implementación del pos test bajaron su nota y con ello repercute que tuvieron problemas con el ítem 3 y 5 de la prueba conceptual aplicada (ver figura 2).

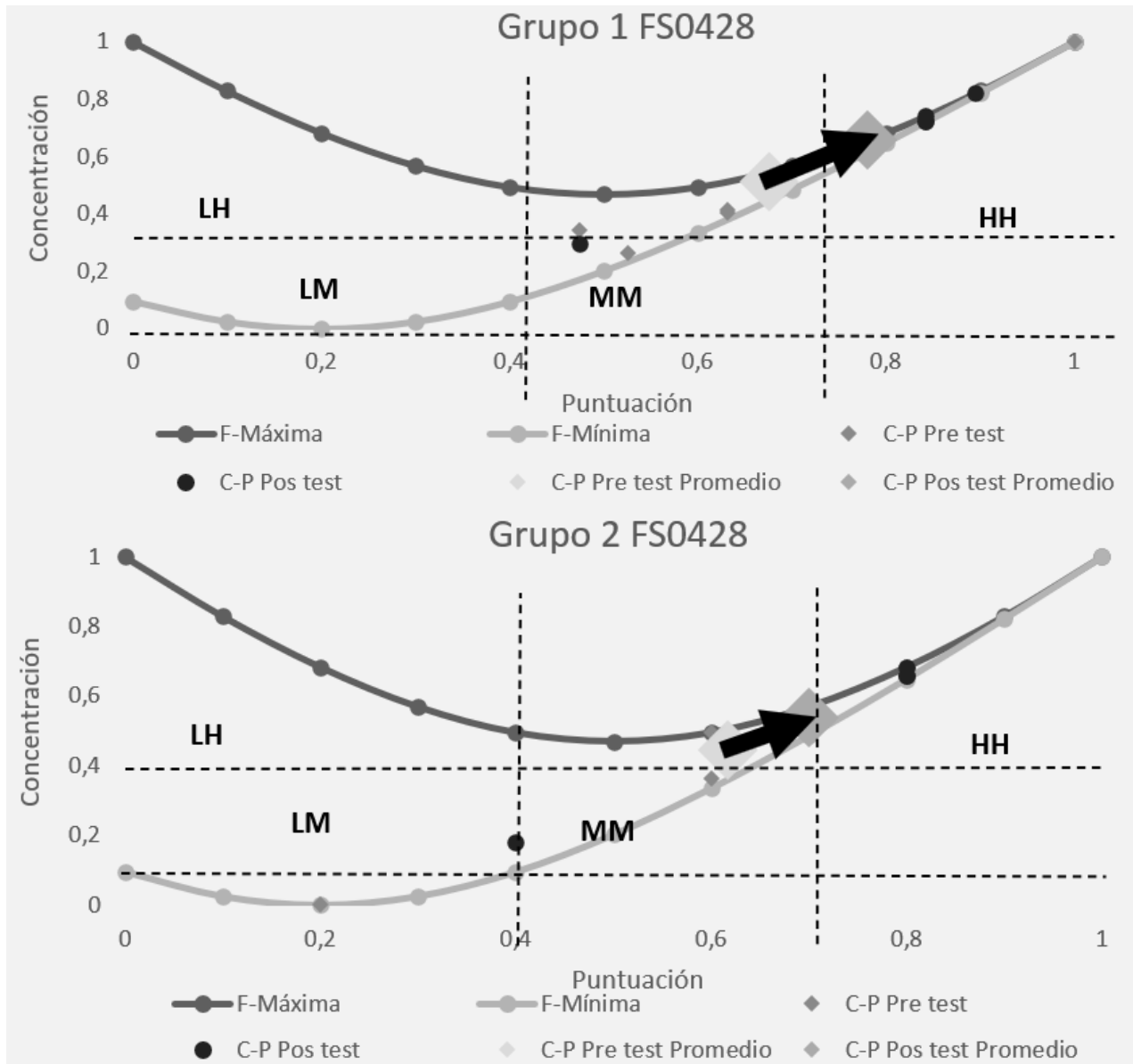
Sin embargo, los resultados recopilados en la figura 5 permite vislumbrar que, a pesar de tener un diferencial semántico leve, la tendencia en cada grupo sigue apuntando a la implicación en una distribución de un modelo correcto, es decir, se tiene certeza que los estudiantes adquirieron aprendizaje sobre la propuesta implementada ya que en ambos casos los patrones promedios son aceptables según su implicación como modelo correcto porque inciden el MH y HH.

De esta manera, se influye que la propuesta en este curso de laboratorio, si bien presentó un nivel de comprensión del tema desde el inicio, su nivel de mejoría fue notorio y contribuye por este método como un elemento más para validar el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre lo implementado.



**TABLA VII.** Resultados del factor de concentración de Bao & Redish para el curso de Laboratorio de Física General para Físicos III.

| Grupo | Ítem                    | Pretest |      |      |      |      |      | Postest |      |      |      |      |      |
|-------|-------------------------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
|       |                         | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 1     | Puntuación              | 0,79    | 0,63 | 0,47 | 0,63 | 0,53 | 1,00 | 0,70    | 0,80 | 0,60 | 0,60 | 0,20 | 0,80 |
|       | Factor de concentración | 0,65    | 0,41 | 0,35 | 0,41 | 0,26 | 1,00 | 0,50    | 0,66 | 0,50 | 0,36 | 0,00 | 0,66 |
|       | Patrón                  | HH      | MM   | MM   | MM   | MM   | HH   | MM      | HH   | MM   | HH   | LL   | HH   |
| 2     | Puntuación              | 0,79    | 0,84 | 0,47 | 0,84 | 0,89 | 0,84 | 0,70    | 0,80 | 0,40 | 0,80 | 0,80 | 0,70 |
|       | Factor de concentración | 0,65    | 0,72 | 0,30 | 0,72 | 0,82 | 0,74 | 0,52    | 0,68 | 0,18 | 0,66 | 0,66 | 0,52 |
|       | Patrón                  | HH      | HH   | MM   | HH   | HH   | HH   | MH      | HH   | LL   | HH   | HH   | MH   |



**FIGURA 5.** Resultados por el factor de concentración para el grupo 1 y 2 del curso FS0428.

Como parte de las herramientas estadísticas se implementó una prueba de hipótesis aplicando la una prueba paramétrica t, esta fue analizada a través de Excel donde se estableció un valor de confianza del 95%, es decir, un valor de significancia de  $\alpha = 0.05$  con una cola. Para esto se consideró la siguiente hipótesis nula y alternativa como:

- $H_0$  = Los resultados del pos test no son mayores a los resultados del pretest.
- $H_a$  = Los resultados del pos test son mayores a los resultados del pretest.

**TABLA VIII.** Análisis de prueba t aplicada a los resultados del pre test y pos test de los grupos de los cursos FS0411 y FS0428.

| Curso  | Grupo | Valor t | GL | Valor p | Conclusión                         |
|--------|-------|---------|----|---------|------------------------------------|
| FS0411 | 1     | -2,88   | 19 | 0,0096  | Se acepta la hipótesis alternativa |
|        | 2     | -4,23   | 8  | 0,0029  | Se acepta la hipótesis alternativa |
| FS0428 | 1     | -2,27   | 18 | 0,036   | Se acepta la hipótesis alternativa |
|        | 2     | -1,63   | 9  | 0,14    | Se acepta hipótesis nula           |

H<sub>0</sub>= Los resultados del pos test no son mayores a los resultados en el pre test, p=0,05

La prueba t evidenció valores característicos de p aceptables para el grupo 1 y 2 del curso FS0411 y de igual manera para el grupo 1 del curso FS0428, donde se tiene que  $p < \alpha$ , con esto se concluye un rechazo a la hipótesis nula y se establece como válida la hipótesis alternativa que demuestra como los resultados de la media en el pos test son significativos y muestran diferencia estadística a los resultados del pretest. Con ello, se establece que el aprendizaje al implementar con los estudiantes del experimento con el circuito RLC presentó resultados efectivos.

Particularmente, para el grupo 2 del curso FS0428 tenemos un resultado poco favorable al darse que su valor de  $p > \alpha$  y con ello se acepta la hipótesis nula, lo cual induce a que no se tiene una diferencia significativa, parte de este escenario se debe a que en el grupo 2 como se indicó en el gráfico de la figura 2, los estudiantes experimentaron problemas con los ítem 3 y 5 de la prueba conceptual, puesto que coinciden de igual forma con el valor de puntuación de la tabla VII que evidencia como el grupo en el pos test tuvo una decaída en ambos ítems.

#### IV. CONCLUSIONES

La prueba conceptual aplicada a los estudiantes de los grupos de los cursos de Física General III y Física General III para Físicos, muestra resultados positivos en los valores de ganancia conceptual adquiridos por el Factor de Hake, así como los modelos obtenidos mediante el Factor de concentración de Bao y Redish (2021). Los resultados estimaron una ganancia media con la implementación del circuito RLC mediante el VISIR, mismo que fue respaldado por el diferencial semántico del factor de Bao & Redish con una implicación dominante del modelo correcto, es decir, un patrón HH para ambos cursos. De igual manera, la prueba t estimó que los dos grupos de Física General III y el primer grupo de Física General III para físicos aceptaran la hipótesis alternativa y particularmente para grupo 02 de Física General para Físicos III se aceptara la hipótesis nula, esto reflejó una reincidencia que se constató a través del factor de Hake y de concentración con la decaída porcentual de los ítems 3 y 5 en la prueba del pos test. La implementación de la actividad experimental del circuito RLC en la UCR en tiempos de la Enseñanza Remota de Emergencia evidencia que el resultado del uso del laboratorio VISIR de la UNED representa un recurso valioso, ya que se ha generado una ganancia de conocimiento por parte de los estudiantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

De igual manera, cabe destacar que la implementación del circuito RLC permite ampliar la gama de experimentos presentes en el VISIR utilizado, pudiendo ser compartido con otras instituciones lo que favorece el trabajo experimental con equipos complejos en diversos contextos educativos, y permite ir fomentando el uso de LR en universidades presenciales, dado que el trabajo se realizó durante el aislamiento generado por la pandemia, sin embargo, abre un abanico de posibilidades experimentales en la pospandemia.

#### REFERENCIAS

- Alves, G. Marques, M. Fidalgo, A. García-Zubía, J. Castro, M. Hernández-Jayo, U. García-Loro, F & Kreiter, C. (2022) A roadmap for the VISIR remote lab, *European Journal of Engineering Education*, DOI: [10.1080/03043797.2022.2054312](https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2054312)
- Arguedas-Matarrita, C. Conejo-Villalobos, M. Ureña, F. Barahona-Aguilar, O. Orduña, P. Rodríguez-Gil. L. Hernández-Jayo, U. & García-Zubía, J. (2021). Experience with the VISIR Remote Laboratory at the Universidad Estatal a Distancia (UNED). In: Auer, M., May, D. (eds) *Cross Reality and Data Science in Engineering. REV 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1231. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_13)
- Arguedas, C., Ureña, F. y Conejo, M. (2016). Laboratorios remotos: Herramientas para fomentar el aprendizaje experimental de la Física en educación a distancia. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10(3), 9. Recuperado de [http://www.lajpe.org/sep16/3309\\_Arguedas\\_2016.pdf](http://www.lajpe.org/sep16/3309_Arguedas_2016.pdf)



Arias, E. (2021). Una propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad Electricidad en un colegio científico de Costa Rica. *Revista de Enseñanza de La Física*, 33(2), 55–62. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35175>

Bao, L., & Redish, E. F. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics*, 69(S1), S45–S53. <https://doi.org/10.1119/1.1371253>

Becerra, D. (2018). *Uso de simulaciones en la enseñanza de conceptos generales de electricidad y magnetismo en estudiantes de ingeniería*. Tesis de doctorado. Instituto Politécnico Nacional. <https://www.fised-cicata.com/tesisdoctorado.html>

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>

Kane, S. N., Mishra, A., & Dutta, A. K. (2016). Implementation of an active instructional design for teaching the concepts of current, voltage and resistance. *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>

Martínez, F. (2020). *El nuevo oficio del investigador educativo : Una introducción metodológica*.

Ruiz, H. M. (2012). *Metodología de la investigación con enfoque en competencias*. CENGAGE Learnig.