

Una propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad *Electricidad* en un colegio científico de Costa Rica

An experimental didactic proposal applied to the *Electricity* unit in a scientific high school in Costa Rica

Eduardo Arias^{1,2}

¹Facultad 1Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Cátedra de Física, Universidad Nacional Estatal a Distancia (UNED), San Pedro de Montes de Oca, CP 474-2050, San José, Costa Rica.

²Departamento de Ciencias Naturales, Sección de Física, Universidad de Costa Rica Sede de Occidente, San Pedro de San Ramón, CP 20209, Alajuela, Costa Rica.

*E-mail: earias@uned.ac.cr

Recibido el 15 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

Resumen

Este artículo presenta los resultados obtenidos al aplicar en la unidad de electricidad el diseño de una propuesta didáctica experimental en un colegio científico de Costa Rica. Se realizó una investigación cuantitativa con un diseño cuasi experimental mediante una prueba conceptual adaptada de la Asociación Americana de Profesores de Física aplicada como pretest y postest para medir el modelo de ganancia conceptual de Hake, el factor de concentración de Bao y Redish y una prueba de hipótesis mediante la t-student. Este trabajo evidencia que los resultados adquiridos con el empleo de este diseño generaron en este sistema educativo cambios notorios y significativos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y a la vez se relaciona como un insumo de vital importancia para la educación diversificada a nivel nacional. Se espera que esta experiencia de pie a aplicaciones educativas en otras áreas del conocimiento.

Palabras clave: Enseñanza de la física; Laboratorios virtuales y remotos; Electricidad; Pandemia.

Abstract

This article presents the results obtained when applying the design of an experimental didactic proposal to the Electricity unit study in a Costa Rican scientific high school. Quantitative research was conducted with a quasi-experimental design using a conceptual test adapted from the American Association of Teachers of Applied Physics as a pre-test and post-test to measure the Hake Conceptual Gain Model, the Bao and Redish Concentration Factor, and a hypothesis test using the Student's T-Test. The results obtained through this design brought about noteworthy and significant changes in the teaching-learning process of this educational system and will serve as vital input for the Diversified Education at a national level at the same time. Finally, it is also expected that this study will give rise to other educational purposes in other areas of knowledge.

Keywords: Physics teaching; Virtual and remote laboratories; Electricity; Pandemic.

I. INTRODUCCIÓN

Costa Rica se ha caracterizado por ser un país que busca nuevas opciones que permitan un mejor desempeño hacia la educación, por lo que se han creado múltiples planes y acciones de trabajo para propiciar mayores beneficios en este campo. No obstante, el sistema educativo no siempre ha logrado resultados positivos y la enseñanza de la física, no

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, Vol. 33, no. 2 (2021)

55

La evaluación del presente artículo estuvo a cargo de la organización de la XIV Conferencia Interamericana de Educación en Física

está exenta de tal situación, ya que de acuerdo a informes de Estado de la Educación (Programa Estado de la Nación [PEN], 2011) y (Programa Estado de la Nación [PEN], 2013) dejó ver serios problemas en la disciplina así como en otras ciencias tanto a nivel de educación básica como diversificada (física).

Por tanto, con el fin de fortalecer la enseñanza de la física en el nivel medio, se planteó el trabajo sobre el diseño de una propuesta experimental para facilitar el aprendizaje en las aplicaciones teóricas y prácticas en el tema de electricidad a estudiantes de undécimo nivel del Colegio Científico Costarricense de San Ramón.

Para ello, el Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses dispone de lecciones en los laboratorios de ciencias naturales (biología, física y química), dado que cuentan con el respaldo de los campus universitarios, lugar donde se asientan dichas instituciones por convenio establecido. Esto les permite contar con recursos como: espacio, equipamiento y docentes para el desarrollo de estas lecciones.

Asimismo, se enfocó el tema de la electricidad, ya que se presentan falencias conceptuales por malas prácticas asociadas principalmente con el factor riesgo y escasa profundización en los conceptos físicos del tópico, con el fin de poner en práctica el desarrollo de una propuesta que fortalezca los conocimientos en el tema y apropie las aplicaciones más novedosas en cuanto a tecnología para el diseño experimental en las lecciones de laboratorio.

Además, dadas las circunstancias vividas recientemente por la situación causada por el Coronavirus 2019 (COVID-19), el (Gobierno de Costa Rica, 2020) mediante el decreto-ejecutivo 4227 declaró la emergencia nacional y como producto de ello se tuvo que “suspender lecciones, en los centros educativos públicos y privados y centros de formación del INA” (párr. 3) ... medida que el (Ministerio de Educación Pública [MEP], 2020) adoptó y postergó hasta el mes de septiembre, sin embargo dado la evolución de la pandemia, los procesos de educación se mantuvieron bajo la modalidad virtual hasta su periodo de finalización. Con esto, la propuesta también consideró más el uso de diseños experimentales acordes a la modalidad de enseñanza virtual.

Por ende, con este trabajo no solo se implementó el diseño de una propuesta experimental, sino que también se adecuó hacia un modelo que permita desarrollar o estructurar la estrategia didáctica mediante un momento previo a la sesión de laboratorio y otro posterior para fortalecer los conocimientos en el tema a través de un proceso de indagación que contemple la focalización, exploración y retroalimentación.

II. METODOLOGÍA

El diseño establecido para el objeto de estudio en esta investigación responde a un tipo de investigación cuasi experimental en donde se permite saber “cuándo llevar a cabo las observaciones o cuándo aplicar la variable independiente o tratamiento y cuál de los grupos recibirá el tratamiento” (Buendía et al., 1998, p. 101). Particularmente se consideró el diseño cuasiexperimental del tipo de series temporales, donde se incluye el estudio de un solo grupo y no requiere grupo control, para ello el efecto sobre la “variable dependiente es medida antes y después del tratamiento varias veces, de esta forma el alcance obtenido con el tratamiento va determinado por la diferencia entre las medidas tomadas al grupo antes y después de la intervención al tratamiento”. (Buendía et al., 1998, p. 103)

A. La prueba conceptual

Para el proceso investigativo fue fundamental la aplicación de una prueba de estabilidad pretest y postest, donde la medición se aplica en dos momentos distintos al grupo de estudiantes para la cuantificación de análisis estadísticos, factores de ganancia y concentración de aprendizaje.

La prueba consideró el diseño de respuesta de selección única conformada por 20 ítems adaptados a partir de pruebas conceptuales validadas en la Asociación Americana de Profesores de Física en el tema de electricidad como son el BEMA, DIRECT, SCEM, EMCA, IBCDC y el ECCE (American Association of Physics Teachers [AAPT], 2020).

La prueba fue enfocada a conceptos como la ley de Coulomb, la ley de Ohm, circuito en serie y paralelo, así como las leyes de Kirchhoff, la misma fue aplicada en una plataforma virtual con un tiempo programado de 60 minutos y configurada para un solo intento y en modo “aleatorizar preguntas”, de forma que para que cada intento los estudiantes visualizaron diferente orden de ítems con el fin de garantizar una mayor variabilidad y nivel de confianza del instrumento al momento de ser aplicado como pretest y postest.

B. Descripción de la muestra

Para la realización del estudio, los participantes fueron los estudiantes de undécimo nivel del Colegio Científico Costarricense de San Ramón del año 2020 en total fueron 14 estudiantes conformado por 4 mujeres y 10 hombres con edades entre los 16 y 17 años. El tema seleccionado para el desarrollo de la investigación fue la unidad de electricidad propuesta en el programa de estudio vigente para el Colegio en la lección de física con laboratorio.

C. Prueba estadística

Como parte de las herramientas estadísticas se validó la prueba de hipótesis mediante una prueba paramétrica en donde se estableció una prueba t, esta fue analizada a través del software Minitab® 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 postest no son mayores a los resultados del pretest.

H_a = Los resultados del postest son mayores a los resultados del pretest.

D. Ganancia de Hake

Se utilizó el factor de ganancia propuesto por el Richard R Hake (1998) como un método estadístico que pretende medir y a la vez “*hacer una comparación de la ganancia conceptual desarrollada por los estudiantes alrededor de una propuesta educativa mediante pruebas conceptuales empleadas como pretest y postest*” (Becerra, 2018, p. 79).

Esta se define como la razón del aumento que hay al aplicar un pretest al inicio del tratamiento respecto a un postest al final de este, para ello, la ganancia se cuantifica con un criterio establecido por el intervalo de valores [0,1] y se obtiene mediante:

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

En este caso la prueba conceptual aplicada a los estudiantes del Colegio Científico Costarricense de San Ramón registró una nota máxima de 100, que de acuerdo con la ecuación 0 se tabuló a una ganancia normalizada de Hake definida como:

$$g_{\text{normalizada}} = \frac{\theta_{\text{posterior}} - \theta_{\text{previo}}}{1 - \theta_{\text{previo}}} \quad (2)$$

Con esto, (Hake, 1998) establece que la ganancia obtenida en los resultados se mide a partir de tres rangos de medida de la ganancia de aprendizaje establecidos 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 $g < 0.3$

E. Factor de concentración

Este factor es un “*modelo estadístico que permite determinar la concentración de análisis*” (Becerra, 2018, p. 83) de la distribución generada a partir de los resultados generados en la prueba conceptual antes y después a la propuesta de análisis a fin de establecer los perfiles conceptuales en los estudiantes.

Donde, el factor de (Bao y Redish, 2001) mide su distribución en un factor normalizado cuyos valores se extienden desde [0,1] con un 0 para un factor de concentración bajo y 1 para un máximo posible de respuesta en el factor, por tanto, los patrones de respuestas oscilarán dentro de este rango y con ello se estableció los patrones de respuesta L, M y H que significan bajo, medio y alto por sus siglas en inglés (Low, Medium y High), de tal forma que al combinar el factor de concentración y las puntuaciones obtenidas se establece una medida para el desempeño de los estudiantes bajo los siguientes niveles LL, LH, MM, LM, MH y HH que funcionan a partir de los resultados generados por el pretest y postest. En la TABLA I. se categorizaron los niveles de respuesta en función de un estilo y sus implicaciones.

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:

$$C(P) = \left(\frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m-1}} \right) \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (n_i)^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (3)$$

Donde se tiene que m es el número de opciones en las respuestas, N el número de estudiantes y los n_i representan el número de estudiantes que escogieron 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 $N > m$ para que no se indetermina la ecuación.

F. Diseño de la propuesta didáctica

La propuesta se diseñó empleando la estrategia de aprendizaje de indagación en coherencia con lo estipulado por Programa de Educación Diversificada en Física (MEP, 2017) en Costa Rica, así el estudiante elabora una búsqueda del conocimiento sobre el fenómeno físico de estudio a través procesos que le permitan fomentar habilidades, pensamiento crítico y resolución de problemas con las aplicaciones prácticas, de esta manera la propuesta experimental contempló una sesión previa a la sesión de laboratorio como fase diagnóstica, luego la aplicación experimental y una parte posterior a la sesión de laboratorio que permitiera al estudiantado generar su propia reflexión y crítica sobre su evaluación de los aprendizajes.

Para las modalidades empleadas en este diseño se consideró los laboratorios virtuales (LV) y los laboratorios remotos (LR), dado que por la pandemia declarada del COVID-19 no fue posible implementar la modalidad presencial en esta ocasión.

Los LV utilizadas cumplieron adecuadamente las pruebas de medición, cálculo y análisis establecidas para las prácticas de ley de Coulomb y ley de Ohm, además estas simulaciones de acuerdo con (Rosado y Herreros, 2005, p. 2) fueron de fácil acceso, permiten al estudiante "... aprender mediante la prueba y error, así como el autoaprendizaje ya que permite al estudiante alterar las variables" a fin de que este personalizara los experimentos e incurra en nuevos escenarios para su aprendizaje.

Por su parte, para las prácticas de circuitos como serie y paralelo, así como las leyes de Kirchhoff se consideró el uso del Virtual Instruments System in Reality (VISIR), laboratorio "de acceso remoto desarrollado en el Departamento de Ingeniería Electrónica del Instituto de Tecnología de Blekinge (BTH), en Suecia desde el año 1999 y puesta en práctica en el 2006" (Arias y Arguedas, 2018, p. 133). En Costa Rica, el VISIR es uno de los primeros laboratorios remotos que se instaló a través del Laboratorio de Experimentación Remota de la UNED, asimismo se dice que este LR tiene "un efecto positivo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes" (García et al., 2020, p. 2) y es un laboratorio que se empleó ya en el CCCSR mediante un experimento donde los estudiantes diseñaron su propio proceso de enseñanza-aprendizaje en el tema de circuitos (Arias y Arguedas, 2018).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para analizar los resultados, se sugiere que el lector considere el producto obtenido en la presente investigación. El diseño de la propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad de electricidad para los estudiantes de undécimo nivel del Colegio Científico Costarricense de San Ramón está disponible en el siguiente enlace <https://bit.ly/2TnpZ6N>

A. Análisis de estadísticos descriptivos y prueba de hipótesis

En la tabla II se presentan algunos resultados de estadísticos descriptivos del pretest y el postest que aplicaron los estudiantes del Colegio Científico Costarricense de San Ramón, note el aumento de 27,82 puntos sobre la media de una prueba a otra, dado que la media para el postest hubo una mejora con una nota de 80,08 puntos, lo que implicó una menor desviación estándar de 7,490 en comparación al pretest con 15,92, es decir, para el pretest se tuvo una mayor dispersión de los datos sobre la media.

De igual manera, la representación que se da sobre los cuartiles fue significativa, ya que para el primer cuartil el pretest tuvo 42,11%, lo que significó una menor concentración y por ende una mayor distribución de los resultados de las notas en los estudiantes mientras que caso contrario se da con el postest, donde se da claramente una concentración de los resultados de las notas tanto sobre el primer cuartil con 72,37 % y el tercer cuartil con 84,21 %, para

este último cuartil se tuvo registro de las mejores notas de la prueba y se puede relacionar con el valor de la mediana obtenido, siendo estos estadísticos descriptivos un primer escenario de cómo los estudiantes comprendieron mejor lo que debían realizar una vez que se implementó la propuesta didáctica.

TABLA II. Resultados de estadísticos descriptivos del pretest y el postest aplicada a los estudiantes de 11° de Colegio Científico de San Ramón. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Variable	Muestra (N)	Nota Promedio (\bar{x})	Error estándar del promedio ($\sigma_{\bar{x}}$)	Desviación Estándar (σ)	Nota Mínima	Primer Cuartil (Q_1)	Mediana	Tercer Cuartil (Q_3)	Nota Máxima
Pretest	14	52,26	4,250	15,92	21,05	42,11	55,26	63,16	73,68
Postest	14	80,08	2,000	7,490	68,42	72,37	84,21	84,21	89,47

Para la prueba de hipótesis, una vez verificado el ajuste de distribución de normalidad a los datos se dispuso a usar la prueba paramétrica prueba t, la TABLA III. resume los resultados obtenidos con esta prueba.

TABLA III. Análisis de la prueba t aplicada a los resultados del pretest y es postest con los estudiantes de 11°. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Diferencia	Valor T	GL	Valor p
-27,82	-5,92	18	0,001

$H_0 =$ Los resultados de la postest no son mayores a los resultados en el pretest, $p=0,05$

La prueba t presentó un valor $p = 0,001$ 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 postest es mayor a los resultados del pretest. Con ello, se establece que el aprendizaje al implementar la propuesta didáctica con los estudiantes del Colegio Científico Costarricense de San Ramón en la unidad de electricidad presentó resultados efectivos.

B. Análisis general del factor Hake

De acuerdo con (Hake, 1998) este modelo estadístico busca medir el nivel de ganancia de aprendizaje y analizar si el trabajo de la propuesta didáctica empleada fue efectiva, para esto se puede destacar como el factor Hake fue positivo en todos los casos, dado que de acuerdo con la

FIGURA 1 se evidencia mayores resultados de las notas del postest en cada uno de los estudiantes en comparación al pretest salvo la condición del estudiante 14 donde en ambas pruebas tuvo una nota de 74 puntos, esto evidenció que para el factor no se tiene un nivel de ganancia, dado que su nota no cambió, sin embargo, este resultado es favorable porque mantiene una nota aceptable sobre el mínimo esperado 70 puntos.

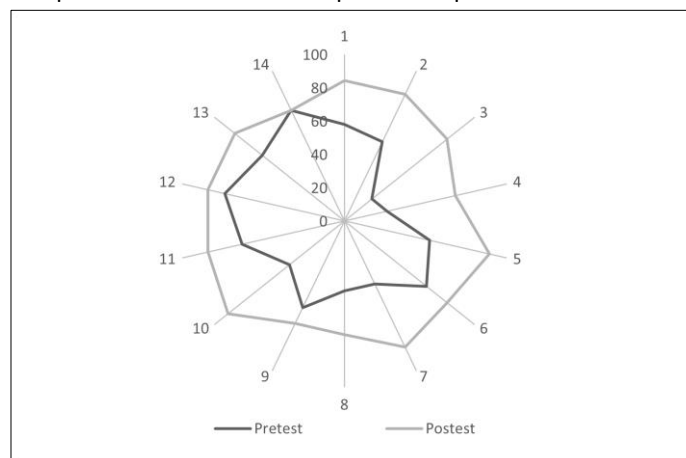


FIGURA 1. Resultados de la nota en el pretest y el postest para cada uno de los estudiantes. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para medir el impacto de la propuesta didáctica empleada en la unidad de electricidad con los estudiantes, en la TABLA IV. se registró los resultados de la muestra seleccionada con el factor de Hake y el factor de Hake normalizado.

TABLA IV. Ganancias de Hake aplicada a toda la muestra con el pretest y el postest. Fuente: Elaboración propia. 2020.

Nota promedio de pretest	Nota promedio de postest	Factor de Hake	Factor de Hake normalizado
52,3	80,1	0,583	0,619

Tanto el factor Hake estándar como el normalizado evidencian una ganancia media con valores estimados de 0,6 muy cercanos al valor límite del nivel de ganancia alta, por lo que según (Hake, 1998) se afirma entonces que el empleo del tratamiento educativo en este caso la propuesta experimental en la unidad de electricidad aplicada en los estudiantes tiene su aporte considerable y significativo para el proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir se tiene una medida válida de la efectividad respecto a la comprensión de los conceptos físicos analizados, puesto que el enfoque sigue siendo mejor que el proceso inicial de un curso sin el tratamiento analizado (Dellwo, 2010).

C. Análisis del factor de concentración

Por otra parte, para analizar el factor expuesto por (Bao y Redish, 2001), establecemos una relación del impacto que tuvo el pretest en comparación al postest, en la

FIGURA 2 presenta un claro desplazamiento de los puntos correspondientes al pretest (puntos de dispersión triangulares) de una zona sin modelo o de dos modelos hacia la zona de un modelo para los resultados del postest (puntos de dispersión cuadrados).

Se dice entonces que, el pretest destacó una mayor concentración sobre la implicación de dos modelos, primero con uno conocido popularmente ya que se establece un patrón de acierto hacia una respuesta correcta o incorrecta (nivel MM) con un 36,8 % y otro patrón de respuesta que se acerca a la relación de tener dos modelos de respuesta incorrecta (LM) con un 15,8 % y un 26,3 % de un modelo aleatorio sin respuesta, es decir, apenas se tuvo un 21,1 % del modelo de respuesta correcta (nivel HH).

Por su parte, el postest evidencia un claro desplazamiento de los puntos cuadrados sobre el plano hacia la zona de un modelo correcto (HH) con un 73,7 % y un 26,3 % para la implicación de dos modelos, pero mayormente en el nivel (MM) descrito anteriormente. Con ello, se entiende que este modelo de concentración sobre el aprendizaje mediado a través de la metodología impuesta en la propuesta didáctica es valioso y contribuye al proceso académico del Colegio Científico Costarricense de San Ramón, esto porque el “diferencial semántico nos mostró aspectos importantes de cómo los estudiantes perciben el aprendizaje” (Kane et al., 2016, p.6).

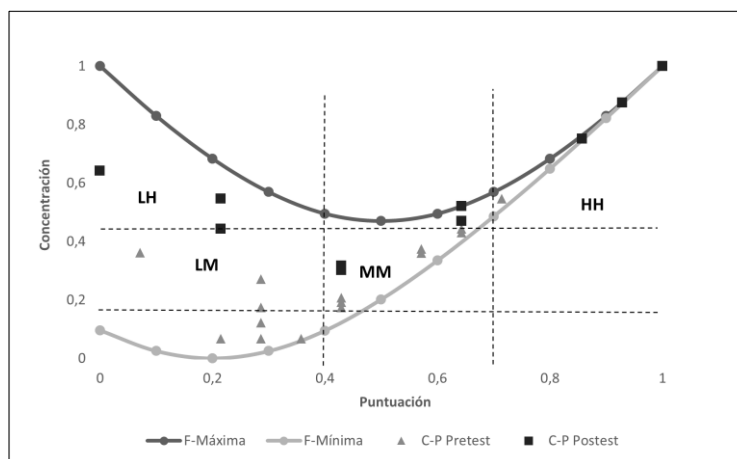


FIGURA 2. Resultados generales del factor de concentración en función de la puntuación para los estudiantes del Colegio Científico San Ramón al aplicar el pretest y postest. Fuente: Elaboración propia, 2020.

IX. CONCLUSIONES

Como parte de este proceso investigativo es de vital importancia considerar algunos aspectos relevantes que permitan

a futuras investigaciones de alguna forma trascender y adquirir herramientas para otros procesos educativos, para ello se destaca de esta investigación lo siguiente:

En primera instancia, se destaca el uso de la prueba paramétrica que mediante la prueba t se descartó la hipótesis nula (H_0), donde se obtuvo un valor de $p=0,001$ por debajo de su valor de significancia del 0,05 y con esto se concluye que los estudiantes obtuvieron mejores notas en la prueba posterior una vez que se implementó la propuesta didáctica, lo que valida la hipótesis de investigación.

El factor de ganancia conceptual propuesto por (Hake, 1998) para un valor promedio y normalizado medido una vez que se implementó el pretest y postest, registró valores para la muestra de 0,58 y 0,62 respectivamente. De forma que se establece mediante este modelo estadístico que la implementación del tratamiento educativo (diseño de la propuesta) cumple con la ganancia conceptual requerida para mejorar la enseñanza en la temática de electricidad al obtener un nivel medio cercano a la frontera de la zona alta.

Para el factor de concentración, que se enfoca en los aciertos de las respuestas correctas de la prueba conceptual aplicada de forma previa y posterior, se registró que los resultados del postest con un 73,7%, esto implica que su cambio fue excelente bajo un modelo correcto y apenas un 26,3 % en el nivel de dos modelos (ver TABLA I.) mientras que para el pretest se registró un 21,1 % en nivel excelente con un modelo correcto, 36,8 % en dos modelos, 15,8 % y 26,3 % clasificados sin modelo (ver TABLA I.). De manera que se tiene un diferencial semántico con cambios significativos al implementar la propuesta con la unidad de electricidad, ya que se logró llevar a la mayor parte de los estudiantes de una zona sin modelo, es decir, con un patrón de respuestas aleatorias o de dos modelos (LM y MM) a una zona de implicación de un modelo correcto de respuesta. Por lo que, este modelo representa de forma concluyente en la

FIGURA 2 que el diseño propuesto para la lección de física con laboratorio en el tema de electricidad como un tratamiento educativo efectivo y significativo, ya que permite al estudiante dirigir su razonamiento con los conceptos analizados a un punto del modelo correcto que coincide con lo propuesto por la teoría de la física.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es producto del trabajo final de graduación para optar por la Licenciatura en Enseñanza de la Física en la Universidad de Costa Rica¹. En consecuencia, el autor agradece:

Al Colegio Científico Costarricense de San Ramón, ejecutiva institucional, administrativos, docentes y, principalmente, a los estudiantes de undécimo nivel del año 2020, que fueron el motivo principal de este proceso educativo.

Al comité asesor de esta investigación, que fue dirigida por el M. BA Randall Figueroa junto a los lectores M. Sc Fernando Ureña Elizondo y el Dr. Carlos Arguedas Matarrita, por sus valiosos aportes al proceso investigativo.

A la Universidad de Costa Rica de la Sede de Occidente y el Laboratorio de Investigación Remota de la UNED, por brindar los recursos y apoyos necesarios para el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

American Association of Physics Teachers, A. (2020). *PhysPort*. <https://www.physport.org/assessments/>

Arias Navarro, E., & Arguedas Matarrita, C. (2018). Strengthening the teaching of physics at a Costa Rican Scientific College through the use of the VISIR Remote Laboratory. *Revista Virtualidad Educación y Ciencia*, 9(16), 131–141. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/editor/submission/20478>

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>

Buendía Eisman, L., Colás Bravo, P., & Fuensanta Hernández, P. (1998). *Métodos de Investigación en Psicopedagogía*. McGraw-Hill Interamericana.

¹ Se invita a los lectores a consultar el documento completo en las bibliotecas de dicha Universidad.

Dellwo, D. R. (2010). Course assessment using multi-stage pre/post testing and the components of normalized change. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 10(1), 55–67. citeulike-article-id:13170704%5Cn<http://josotl.indiana.edu/article/viewFile/1732/1730>

García-Zubia, J., Cuadros, J., Hernández-Jayo, U., Romero, S., Serrano, V., Angulo, I., Alves, G., Fidalgo, A., Orduña, P., & Rodríguez-Gil, L. (2020). Using VISIR Remote Lab in the Classroom: Case of Study of the University of Deusto 2009–2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1231 AISC, 82–102. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_7

Gobierno de Costa Rica. (2020). Gobierno declara estado de emergencia nacional, impide llegada de extranjeros y se suspende lecciones en todos los centros educativos del país.

<https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/03/gobierno-declara-estado-de-emergencia-nacional-impide-llegada-de-extranjeros-y-se-suspende-lecciones-en-todos-los-centros-educativos-del-pais/>

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>

Ministerio de Educación Pública. (2017). Programa de Estudio de Física Educación Diversificada.

Ministerio de Educación Pública. (2020). MEP anuncia postergación de clases presenciales y fortalecimiento de la educación a distancia. <https://www.mep.go.cr/noticias/mep-anuncia-postergacion-clases-presenciales-fortalecimiento-educacion-distancia>

Programa Estado de la Nación. (2011). Capítulo 3. Desempeño de la Educación General Básica y el Ciclo Diversificado. *III Informe Del Estado de La Educación*, 115–176.

Programa Estado de la Nación. (2013). Capítulo 3. Desempeño de la Educación General Básica y el Ciclo Diversificado. *IV Informe de Estado de La Educación*, 135–195.

Rosado, L., & Herreros, J. (2005). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. *Recent Research Developments in Learning ...*, 1–5. <http://www.uv.es/eees/archivo/286.pdf>