

Identificación de las imprecisiones de los problemas resueltos en libros de texto universitarios: circuitos de corriente alterna

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Identification of accuracies in solved problems in university textbooks: alternating current circuits

Norah Giacosa¹, Jorge López², Jorge Maidana¹, Norma Godoy³, Pablo Wagner Boián¹, Mariana Boari¹, Silvia Giorgi⁴

¹Facultad de Ciencias Exactas, Química y Naturales, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Félix de Azara 1552, CP 3300, Posadas, Argentina.

²Facultad de Ingeniería, UNaM, J. M. de Rosas 325, CP 3360, Oberá, Argentina.

³Facultad de Ciencias Forestales, UNaM, Bertoni 124, km 3, CP 3382, Eldorado, Argentina.

⁴Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, CP S3000AOM, Santa Fe, Argentina.

E-mail: norahgiacosa@gmail.com

Resumen

Se analizaron cincuenta y cinco problemas resueltos (PR) relativos a circuitos de corriente alterna extraídos de una muestra intencional de diez libros de texto universitarios de uso frecuente en la República Argentina. El análisis de contenido permitió identificar y clasificar las imprecisiones que contienen. Los resultados muestran que el 18% de los PR, distribuidos en el 60% de los ejemplares seleccionados, tiene alguna deficiencia. Los errores relacionados con el proceso de impresión son los más abundantes, en tanto que los errores conceptuales y de datos se presentan en menor cantidad e igual proporción. Se concluye que las imprecisiones identificadas, aunque algunas parezcan insignificantes, dificultan el aprendizaje.

Palabras clave: Imprecisión; Problemas resueltos; Libros de texto; Universidad; Física; Circuitos de corriente alterna.

Abstract

Fifty five solved problems (SP) related to alternating current circuits, which were extracted from an intentional sample of ten university textbooks frequently used in Argentina, were analysed. Content analysis allowed us to identify and classify the inaccuracies found in them. The results show that 18% of SP, distributed in 60% of the selected copies, contains some deficiency. Printing mistakes are the most abundant ones, while conceptual and data mistakes appear in minor quantity and equal proportion. On this basis, it is concluded that the identified inaccuracies, although some of them seem to be insignificant, hinder learning process.

Keywords: Mistakes; Solved problems; Textbooks; University; Physics; Alternating current circuits.

I. INTRODUCCIÓN

Los problemas de lápiz y papel son uno de los recursos didácticos más empleados en la enseñanza de Física universitaria del ciclo básico de carreras de corte científico-tecnológicas, por cuanto supone que su resolución es un medio por excelencia para la adquisición de competencias consustanciales con el quehacer científico. Pese a ello, y a la frecuencia con la que se emplean en situaciones áulicas, tanto como instancias de aprendizaje o como instrumento de evaluación, la experiencia docente indica que para un número importante de estudiantes, la resolución de este tipo de actividades resulta ser una tarea compleja en general y, en particular, cuando se aborda el tema circuitos eléctricos de corriente alterna.

Paralelamente, es de destacar que los abundantes reportes de investigaciones educativas -centradas en los problemas y/o su proceso de resolución- no se corresponden en forma directa con los niveles de aprobación/promoción que obtienen los estudiantes universitarios argentinos. Esta problemática, en sí misma, muestra la necesidad de profundizar en el tema.

No se encontró en la literatura revisada, trabajos que hayan analizado los problemas resueltos de circuitos de corriente alterna que se exhiben en libros de texto (LT) universitarios y/o errores que contienen. Por ello, el propósito de este estudio es identificar las imprecisiones que contienen los problemas resueltos que se muestran en los LT universitarios, de uso habitual en la República Argentina, para la presentación del tema circuitos de corriente alterna.

Se anhela que los resultados que se derivan del presente estudio generen reflexiones críticas en torno a la trascendental tarea de analizar, seleccionar y recomendar LT de Física. Asimismo, se espera aportar elementos que puedan servir de insumo para futuras investigaciones destinadas a ahondar en el tema.

En lo que se sigue, se explicita el marco teórico y algunos antecedentes que sustentaron el estudio. A continuación, se expone la metodología empleada y se discuten los resultados obtenidos. La presentación finaliza con las conclusiones y las implicaciones didácticas que de los mismos se derivan.

II. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

Los LT, según sugiere Chevallard (1998), ofrecen una concepción legitimada del saber a enseñar e institucionalizan una forma de progresión del conocimiento de los estudiantes. La importancia que tiene este recurso en el quehacer didáctico de docentes-investigadores, pertenecientes a instituciones educativas de distintos niveles, se refleja en la cantidad de reportes de investigaciones que lo tomaron como objeto de estudio (Occelli y Valeiras, 2013, Uribe y Ortiz, 2014). La Revista Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales dedicó un monográfico a los LT (Alambique, 1997).

El análisis de LT es complejo; y tal complejidad se hace evidente en las múltiples aproximaciones conceptuales y dimensiones de análisis que es posible reconocer en las publicaciones especializadas. Muchas de las mismas han advertido que los LT contienen errores o imprecisiones (Solbes y otros, 1987; Solaz Portóles y Sanjosé López, 1993; Otero, 1997; Campanario, 2006; Pérez Rodríguez y otros, 2009; Slisko, 2009; Quílez, 2009; Forjan y Slisko, 2014). Las investigaciones referidas a cuestiones conceptuales o terminológicas se discuten con mayor frecuencia que las relacionadas con problemas numéricos, y según (Slisko, 2000), los temas complejos contienen mayor cantidad de imprecisiones que los temas sencillos.

Entre las recopilaciones de errores presentes en los LT de Física se puede mencionar el estudio realizado por John Hubisz (2003). Del análisis realizado sobre doce LT, destinado a estudiantes de 11 a 14 años, surge que 500 páginas contienen equivocaciones, algunas de las mismas ligeras, y otras de carácter grave. Según este autor, la mayoría de los LT seleccionados estaban escritos por encima del nivel lector de sus destinatarios. Entre las conclusiones señala que la mayoría de los ejemplares contenían errores y eran pedagógicamente ineficaces, sólo una minoría de ellos podría ser recomendada para estudiantes de las citadas edades.

En el ámbito específico de circuitos eléctricos de corriente alterna; trabajos previos mostraron que los gráficos cartesianos, presentes en una decena de LT universitarios de uso frecuente en Latinoamérica, contienen omisiones y deficiencias que dificultarían el aprendizaje del tema y fomentarían, en quienes los consultan, errores conceptuales difíciles de erradicar (Giacosa y otros, 2014).

Slisko (*op.cit.*) afirma que los problemas numéricos de la Física escolar, que se encuentran en los LT, contienen errores y sugiere que los errores se pueden clasificar en: errores de valor numérico, errores de datos numéricos contradictorios, errores situacionales, errores de modelación y errores conceptuales. Según este autor, los errores de valor numérico se producen cuando el valor asignado a una cantidad física, dada o calculada, es poco razonable o imposible. Los errores de datos contradictorios surgen cuando los valores de cantidades físicas proporcionadas en el enunciado del problema contradicen unos a otros, fundamentalmente porque son diseñados para una determinada rama de Física (por ejemplo trabajo y potencia), olvidando leyes de otras ramas (cinemática y dinámica). Los errores situacionales ocurren cuando el planteamiento de la situación es erróneo, ya sea por ausencia de conexión con las situaciones reales o por sus implicaciones culturales. Los errores de modelación se producen cuando el modelo matemático usado para representar la situación introduce, implícita o explícitamente, simplificaciones que no se corresponden con la realidad. El error conceptual ocurre cuando la formulación del problema o su resolución evidencian que el/los autor/es sostiene/n ideas erróneas sobre procesos físicos relacionadas con la situación problemática.

En una línea semejante, Fernández, García y Fernández (2013) ordenan los errores, presentes en un conjunto de LT de Matemáticas analizados, para construir la siguiente clasificación: error de concepto, ambigüedad, problemas de enunciados absurdos, problemas en los que faltan datos o que contienen con-

signas incompletas, enunciados de problemas con error en los datos o que contienen consignas contradictorias y error en la respuesta de un problema.

Campanario (2003) recomienda diversas actividades para aprovechar los errores o yerros de los LT de Física para el aprendizaje de contenido conceptual y/o estrategias, procesos y métodos de la Ciencia. Para el aprendizaje de conceptos sugiere: analizar y cuestionar ejemplos de ideas alternativas, comprender correctamente conceptos o magnitudes que se definen en función de transferencia o flujo de otras magnitudes, comprender que las situaciones de equilibrio no deben ser necesariamente simétricas, explicitar todos los factores y elementos que son necesarios en una definición, comprender la necesidad y/o utilidad de los principios de conservación, asignar causas adecuadas a los efectos que se estudian. Para el aprendizaje de estrategias, procesos y métodos de la Ciencia, propone: plantear y resolver problemas abiertos o sin solución, controlar adecuadamente todas las variables que inciden en una situación, utilizar convenientemente las variables dependientes e independientes, replicar experimentos o analizar posibles deficiencias en la interpretación de una experiencia, tener en cuenta la precisión de los instrumentos de medida y detectar formas inadecuadas de concebir las explicaciones científicas.

III. METODOLOGÍA

El trabajo se realizó sobre diez LT usados habitualmente para la enseñanza de Física en el ciclo básico de carreras de carácter científico-tecnológico que se imparten en Universidades argentinas. La muestra quedó constituida por todos los problemas resueltos (PR) que se exhiben en los ejemplares que se indican en la Tabla I, en el capítulo y/o sección correspondiente a circuitos de corriente alterna.

TABLA I. Libros de textos analizados y código asignado.

Código	Libro de texto
T1	Alonso, E. y Finn, E. (1976) <i>Física. Vol. II Campos y ondas</i> . Barcelona. España: Fondo Educativo Interamericano S.A.
T2	Bauer, W. y Westfall, G. (2011) <i>Física para Ingeniería y Ciencias con Física moderna. Volumen 2</i> . 1° Ed. México: McGraw Hill.
T3	Gettys, E.; Keller, F. y Skove, M. (2005) <i>Física para Ciencias e Ingeniería. Tomo II</i> . México: McGraw Hill.
T4	Giancoli, D. (2009) <i>Física para Ciencias e Ingeniería con Física moderna. Volumen II</i> . 4ta Ed. México: Pearson Educación
T5	Halliday, D.; Resnick, R. y Krane, K. (1999). <i>Física. Vol. 2</i> . 4ta. Ed. México: Compañía Ed. Continental SA
T6	McKelvey, J. y Grotch, H. (1981) <i>Física para ciencias e ingeniería. Tomo II</i> . 1ra. Ed. México: Harla S.A.
T7	Serway, R. y Jewett, J. (2009) <i>Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna. Vol. 2</i> . 7ma. México: Ed. Cenage Learning Editores S.A.
T8	Tipler, P. (1993) <i>Física. Tomo 2</i> . 3ra Ed. España: Editorial Reverté S.A.
T9	Tippens, P. (2011) <i>Física, conceptos y aplicaciones</i> . 7° Ed. Perú: McGraw Hill.
T10	Young, H. y Freedman, R. (2009) <i>Física universitaria con Física Moderna. Vol.2</i> . 12° Ed. México: Pearson Educación.

Se examinaron, mediante la técnica análisis de contenidos (Bardín, 1996; Ander-Egg, 2010) cincuenta y cinco PR. Se analizó el sistema lingüístico y el sistema simbólico de los enunciados y sus respectivas resoluciones. Una vez identificadas las imprecisiones y en virtud de los antecedentes citados, se estimó conveniente agrupar aquellas que tuvieran cierta semejanza para facilitar la discusión de los resultados.

Las categorías y subcategorías empleadas fueron: a) *Errores conceptuales* y b) *Otros errores*. Se consideraron errores conceptuales aquellos donde es evidente el uso de una idea o una interpretación inapropiada para explicar el fenómeno de oscilaciones electromagnéticas forzadas. Los denominados *otros errores* se diferenciaron en *errores de datos* y *errores de impresión*. Los errores de datos, contenidos en los enunciados y/o figuras con los que se plantea/resuelve la situación problemática, se distinguieron a su vez en *omisión* y *contradicción*. Se estimó *error de dato por omisión* aquel en el que es evidente la ausencia de un dato que luego se utiliza en el procedimiento de resolución; en tanto que los *errores de datos contradictorios* se utilizaron cuando existió discordancia entre lenguaje lingüístico y el lenguaje simbólico empleado para la presentación del problema. Finalmente, bajo la denominación *errores de impresión* se agruparon aquellas deficiencias leves que pudieran estar asociadas al proceso de digitalización y edición de los LT.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla II se muestra una síntesis del análisis realizado sobre los PR. Se utilizaron las abreviaturas N°PR para contabilizar la cantidad de problemas resueltos en el texto, y N°PRI para contabilizar los problemas resueltos que contienen imprecisiones y/o errores. En la misma se aprecia que el 18% de los PR de la muestra estudiada contiene alguna imprecisión. Los PR con errores de impresión son los más abundantes (60%). En menor cantidad e igual proporción, se identificaron errores conceptuales (20%) y errores de datos (20%).

TABLA II. Síntesis de los problemas resueltos analizados y tipos de errores detectados.

Código	N°PR	N°PRI	Numeración asignada en el LT	Página	Tipos de errores
T1	2	1	Ejemplo 17.7	669	Impresión
T2	5	0	-	-	-
T3	4	0	-	-	-
T4	3	0	-	-	-
T5	6	0	-	-	-
T6	6	2	Ejemplo 22.5.1	927	Conceptual
			Ejemplo 22.5.2	927-928	Datos contradictorios
T7	7	3	Ejemplo 33.1	926	Impresión
			Ejemplo 33.4	934	Impresión
			Ejemplo 33.7	941-942	Impresión
T8	10	1	Ejemplo 28-2	904	Dato por omisión
T9	3	1	Ejemplo 32.2	631	Impresión
T10	9	2	Ejemplo 31.4	1073	Conceptual
			Ejemplo 31.9	1082-1083	Impresión

A. Errores Conceptuales

Los PR que contienen errores conceptuales son el Ejemplo 22.5.1 del T6 (p.927) y el Ejemplo 31.4 del T10 (p.1073). El primero de los mismos dice:

“Ejemplo 22.5.1: Un capacitor de 5 μF y un resistor de 100 Ω están conectados en serie con una FEM de CA de frecuencia variable e impedancia interna despreciable. La amplitud de la FEM es de 150 V. Determinar la corriente en el circuito para las frecuencias de 0, 10, 100 y 1000 Hz. Graficar la corriente en función de la frecuencia, y explicar por qué varía como lo hace. Hallar el ángulo de fase entre la corriente y la FEM aplicada a las frecuencias anteriores, y trazar una gráfica del ángulo de fase en función de la frecuencia”. (T6, p.927).

La resolución completa indica que:

“En este ejemplo, no hay reactancia inductiva sino sólo capacitiva. El circuito está ilustrado en la figura 22.10 (a). Utilizando el método expuesto en la sección anterior, se pueden representar las cantidades variables armónicamente ΔV_R y ΔV_C como fasores cuyas magnitudes están dadas por

$$\begin{aligned} \Delta V_R &= I_0 R \quad \text{y} \quad \Delta V_C = I_0 X_C \\ &= \frac{I_0}{\omega C} \end{aligned} \quad (22.5.15)$$

El fasor que representa ΔV_R está en fase con la corriente, y el fasor que representa a ΔV_C se atrasa 90° respecto del otro, debido a que la corriente que pasa por un capacitor siempre se adelanta 90° al voltaje en el mismo. En la figura, 22.10.b, se muestran estas relaciones de fase, y como de costumbre, se optó por trazar el diagrama de fasores en el instante que el “vector rotatorio” ΔV_R es horizontal. Ya que no hay inductancia en el circuito, no hay fasor que represente una caída de potencial inductiva. De la figura 22.10, es evidente que los dos voltajes variables armónicamente ΔV_R y ΔV_C deben dar como suma la FEM $\varepsilon(t)$ en todo momento, por lo que la adición de los “vectores” que representan esas cantidades debe dar un vector cuya magnitud y dirección representan la amplitud y fase de la FEM. Por lo tanto,

$$\varepsilon_0 = I_0 \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$$

de donde

$$I_0 = \frac{\epsilon_0}{\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}} = \frac{\epsilon_0}{Z} \quad (22.5.16)$$

en tanto que

$$\tan \phi = \frac{1}{R\omega C} \quad (22.5.16)$$

Este ejemplo es semejante al circuito que representa el primario de un transformador que se consideró con relación al ejemplo 20.7.2, en que sólo están presentes inductancia y resistencia. Este caso difiere principalmente en que la corriente se adelanta a la FEM aplicada, en vez de atrasarse, como en el caso anterior.

Sustituyendo los valores numéricos $\epsilon_0 = 100 \text{ V}$, $R = 100 \Omega$, $C = 5 \times 10^{-6} \text{ F}$ en estas ecuaciones, se encuentra que para $\omega = 0$, entonces $I_0 = 0$, $\Phi = 90^\circ$. Para $f = 10 \text{ Hz}$ y $\omega = 20\pi \text{ rad/s}$, se tiene $I_0 = 0.0471 \text{ A}$; $\Phi = 88,2^\circ$. Para $f = 100 \text{ Hz}$, $\omega = 200\pi \text{ rad/s}$, entonces $I_0 = 0.450 \text{ A}$, $\Phi = 72,6^\circ$, etc. Estos resultados se muestran la figura 22.11. Para bajas frecuencias, la reactancia capacitiva $1/\omega C$ es muy alta y la amplitud de la corriente es entonces muy baja. Al aumentar la frecuencia, la reactancia capacitiva (y por lo tanto, la impedancia total) disminuye, lo que produce un aumento de la corriente. A altas frecuencias, la reactancia capacitiva se hace mucho menor que la resistencia, y la corriente se aproxima al valor límite ϵ_0/R ." (T6, p.927).

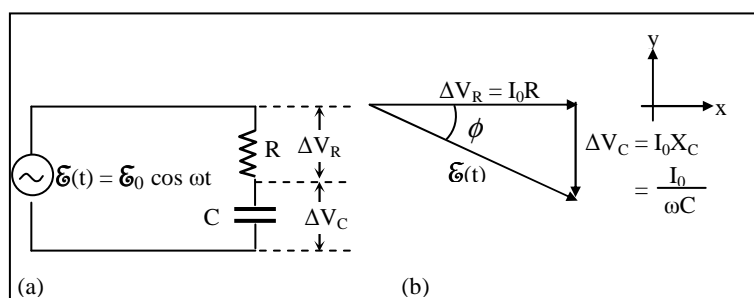


Figura 22.10 (a) Circuito R-C en serie con una fuente de FEM de CA. (b) Vectores que representan la magnitud y fase relativa de los voltajes en (a).

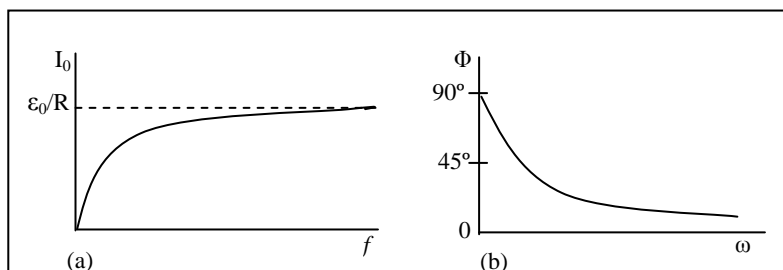


Figura 22.11 (a) Amplitud de la corriente y (b) ángulo de desfasamiento entre la corriente y la FEM, graficados en función de la frecuencia para el circuito de la figura 22.10

FIGURA 1. Figuras y epígrafes que se muestran en el T6 (p.926-927) como parte de la resolución del Ejemplo 22.5.1

En la resolución puede advertirse que de los ocho valores numéricos solicitados (corriente máxima y ángulo de fase entre la corriente y la fem) se exhiben sólo seis, de los cuales tres son erróneos. Este yerro puede explicarse, advirtiendo que la ecuación 22.5.16 -que se presenta en este ejemplar- está equivocada. Debíó utilizarse la Ecuación (1), donde Φ es el ángulo de fase entre las cantidades alternantes corriente y voltaje, X_L la reactancia inductiva, X_C la reactancia capacitiva, R la resistencia, ω la frecuencia angular de fuente de excitación y C la capacitancia del capacitor.

$$\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{0 - \frac{1}{\omega C}}{R} = -\frac{1}{R\omega C} \quad (1)$$

Para este circuito y para las tres primeras frecuencias, los valores numéricos del ángulo de fase son: $\Phi = -90^\circ$, $\Phi = -88,2^\circ$ y $\Phi = -72,6^\circ$ respectivamente. Además, se omite indicar que para $f = 1000$ Hz corresponde $I_0 = 1,43$ A y $\Phi = -17,7^\circ$. El gráfico del ángulo Φ en función de la frecuencia que se exhibe en la Figura 22.11 (b) es inadecuado. Se muestran valores de ángulos positivos, cuando para este circuito predominantemente capacitivo, para todos los valores de frecuencias (incluso los indicados en el enunciado), los valores de ángulo son negativos. Los valores de ángulo mostrados contradicen la afirmación “...la corriente se adelanta a la FEM...” y la generalización que se propone en este ejemplar: “Cuando la reactancia inductiva excede a la reactancia capacitiva, el ángulo de fase Φ será positivo y la corriente en el circuito se atrasa a la FEM, en tanto que si la reactancia capacitiva es mayor, el ángulo de fase es negativo y la corriente se adelanta en fase a la FEM.” (T6, p. 925-926). Para este problema, la variación del ángulo de fase en función de la frecuencia angular es una función creciente que debió representarse en el cuarto cuadrante del sistema de coordenadas cartesianas de uso habitual; y no el primero.

Algo semejante ocurre con el Ejemplo 31.4, cuyo enunciado dice:

En el circuito en serie de la figura 31.13a, suponga que $R = 300 \Omega$, $L = 60$ mH, $C = 0.50 \mu\text{F}$, $V = 50$ V y $\omega = 10,000$ rad/s. Determine las reactancia X_L y X_C , la impedancia Z , la amplitud de I , el ángulo de fase Φ y la amplitud de voltaje a través de cada elemento de circuito. (T10, p.1073)

En este LT, durante el proceso de resolución, siendo $X_L = 600 \Omega$ y $X_C = 200 \Omega$, se indica:

El ángulo de fase Φ es

$$\Phi = \arctan \frac{X_L - X_C}{R} = \arctan \frac{400\Omega}{300\Omega} = 53^\circ$$

Luego de presentar otros cálculos, y a modo de cierre dice taxativamente:

EVALUAR: Observe que $X_L > X_C$ por lo tanto, la amplitud de voltaje entre las terminales del inductor es mayor que entre las terminales del capacitor, y Φ es negativo. El valor $\Phi = -53^\circ$ significa que el voltaje se adelanta 53° a la corriente, esta situación es como la que se ilustra en la figura 31.13b. (T10, p.1073)

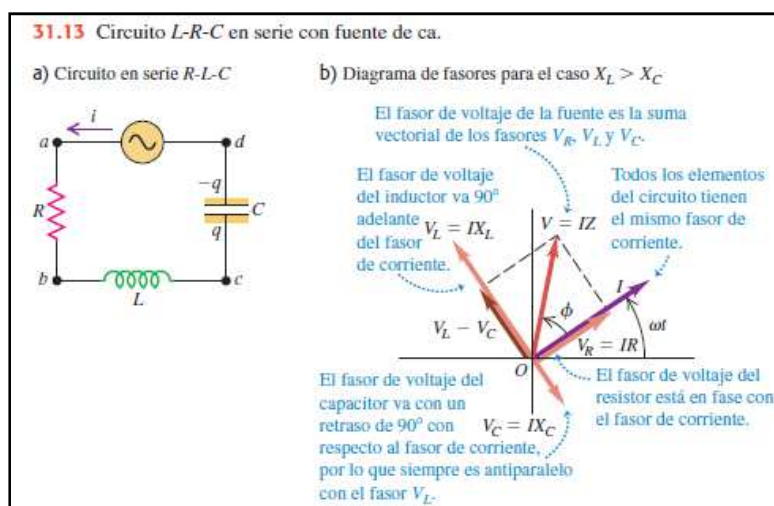


FIGURA 2. Figura 31.13.b. (T10, p.1070) mencionada en el párrafo titulado “Evaluar”

En este ejemplar, en el que la reactancia se define como la diferencia entre la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva ($X = X_L - X_C$), si el circuito es predominantemente inductivo, el valor numérico del ángulo de fase resulta ser positivo. Un valor de ángulo negativo significa que el voltaje se atrasa con respecto la corriente, pero esto sucede en un circuito predominantemente capacitivo, lo cual no se corresponde con el ejemplo mostrado. Además, la figura a la que remite, muestra que el voltaje se adelanta a la corriente para un valor de ángulo positivo.

B. Otros errores

En el Ejemplo 22.5.2 (T6, p. 927-928) y el Ejemplo 28.2 (T8, p.904) se identificaron errores de datos. El Ejemplo 22.5.2 contiene errores de datos contradictorios. En el mismo se presenta un enunciado que emplea lenguaje mixto (lingüístico y simbólico) para describir verbalmente la situación y se complementa con un esquema de circuito eléctrico (Figura 22.12. p.928). Uno de los datos, la diferencia de potencial en los extremos del inductor, no se explicita en el enunciado y debe tomarse del esquema proporcionado en la figura. Comparando ambos sistemas se aprecia que el valor de voltaje asignado en los extremos del resistor del esquema ($\Delta V_R = 42,9 \text{ V}$) no coincide con el señalado en el enunciado lingüístico (161,8 V). Además, existen dos subíndices de voltímetros (del capacitor y del inductor) que están equivocados. En los extremos de la bobina se indica ΔV_C y debería decir ΔV_L ; en los extremos del capacitor se escribe ΔV_0 en lugar de ΔV_C . La resolución que se muestra y el diagrama de vectores rotantes exhibidos toman los valores del esquema y no los del enunciado lingüístico.

El Ejemplo 28.2 (T8, p.904) tiene error de dato por omisión. En el mismo se solicita calcular los valores numéricos de reactancia inductiva y de corriente máxima que circula en un circuito inductivo puro para dos valores numéricos diferentes de frecuencias de oscilación de la fem. Si bien se proporcionan los valores numéricos de fem máxima del generador y de las frecuencias, se omite indicar el valor de la inductancia ($L = 40 \text{ mH}$) que luego se utiliza en la resolución propuesta.

Los PR que tienen errores de impresión son: Ejemplo 17.7 (T1, p.669); Ejemplo 33.1 (T7, p.926), Ejemplo 33.4 (T7, p.934), Ejemplo 33.7 (T7, p.941-942), Ejemplo 32.2 (T9, p.631) y Ejemplo 31.9 (T10, p.1082-1083).

En el Ejemplo 17.7 se muestra un valor numérico de reactancia positivo ($X = 227 \Omega$) que contradice el valor numérico negativo del ángulo de fase dado como respuesta, la reactancia debió tomar un valor numérico negativo. Los enunciados de los tres ejemplos del T7 (33.1, 33.4 y 33.7) contienen errores simbólicos y lingüísticos. En dos ocasiones se muestra equivocadamente el signo menos en lugar del signo igual [$\Delta v - (200 \text{ V}) \sin \omega t$ y $\Delta V_{\text{máx}} - 150 \text{ V}$] y en una ocasión se reitera una preposición (de). En la resolución del Ejemplo 32.2 se mide una diferencia de potencial en ohm en lugar de voltio ($i = V/X_L = 120 \Omega / 188.5 \Omega = 0.637 \text{ A}$) y en el Ejemplo 31.9 la unidad de resistencia se expresa de manera confusa utilizando la letra griega omega en minúscula (ω), cuando en este ejemplar se usa mayoritariamente la letra en mayúscula (Ω).

V. CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS DIDÁCTICAS

Los resultados señalan que el 60% de los LT analizados contiene alguna imprecisión o error al mostrar los PR. Este porcentaje refleja la calidad de los ejemplares analizados y evidencia una vez más la importancia del proceso de análisis, selección y recomendación de LT.

Identificar y difundir los errores que contienen los LT universitarios de Física sirve para alertar a los docentes del área que los utilizan. Pues, tal como sugiere Cobo y Batanero (2004) los LT permiten conocer, de manera indirecta, la concepción del profesorado sobre un contenido específico; ya que al elegirlos y tomar la decisión de utilizarlos se está posicionando y compartiendo, al menos parcialmente, lo que los autores de los LT proponen.

Los errores conceptuales identificados, el signo del valor numérico asignado al ángulo de fase entre voltaje y corriente alterna, son precisamente los errores que, la experiencia docente de los autores, permite señalar como los más frecuentes en las evaluaciones escritas de los estudiantes. En virtud de esto; y teniendo en cuenta la investigación de Fernández, García y Fernández (*op. cit.*) es válido preguntar: ¿se equivocan los estudiantes o se equivocan los LT?

Los errores que se catalogaron como “otros”, aunque parezcan insignificantes, dificultan el aprendizaje del tema. Advertir estas cuestiones a los estudiantes -los cuales mayoritariamente asumen que los LT son “reservorios exentos de errores”- y proporcionar actividades destinadas a reconocerlos, tal como proponen Campanario (2006), Carrascosa (2006) y Slisko (2003), posibilitaría modificar las preconcepciones de los estudiantes respecto a los LT. Se sostiene que si se desea mejorar el desempeño académico de los estudiantes universitarios se necesita, entre otras cuestiones, desarrollar habilidades de lectura crítica.

Dadas las características del estudio, las conclusiones no son generalizables; sin embargo, se espera que los resultados obtenidos promuevan investigaciones educativas centradas en los LT, ya que los mismos son herramientas valiosas para aprender.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco de un proyecto registrado, bajo el código 16Q-587, en la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales dependiente de la Universidad Nacional de Misiones.

REFERENCIAS

- Alambique. (1997). Los Libros de Texto. Monográfico. N° 11. Disponible en: <http://alambique.grao.com/revistas/alambique/011-los-libros-de-texto> (Consulta 23/05/20126)
- Ander-Egg, E. (2010). *Métodos y Técnicas de investigación social, Vol. III: Cómo organizar el trabajo de investigación*. España: Lumen.
- Bardín, L. (1996). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.
- Campanario, J. (2003). De la necesidad a la virtud: cómo aprovechar los errores e imprecisiones de los libros de texto para enseñar Física. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 161-172.
- Campanario, J. (2006). Using textbook errors to teach physics: examples of specific activities. *European Journal of Physics*. 27(4), 975-985.
- Carrascosa, J. (2006). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en comics, prensa, novelas y libros de texto. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 77-88.
- Chevallard; Y. (1998). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires. Aique.
- Cobo, B. y Batanero, C. (2004). Significado de la media en los libros de texto de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), 5-18.
- Fernández, P., García, P. y Fernández, J. (2013). ¿Yerra el niño o yerra el libro de Matemáticas? *Números*, 83, 131-148.
- Forjan, M. y Slisko, J. (2014). Simplifications and idealizations in high school Physics in mechanics: a study of Slovenian curriculum and textbooks. *European Journal of Physics Education*, 5(3), 20-31.
- Hubisz, J. (2003). Middle-school texts don't make the grade. *Physics today*, 56(5), 50-54.
- Giacosa, N., Galeano, R., Zang, C., Such, A. y Puglisi, C. (2014). Los gráficos cartesianos relativos a circuitos eléctricos de corriente alterna presentes en libros de texto universitarios. *Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica. Claves para el Desarrollo*, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste, Vol. 1, 45-49.
- Ocelli, M. y Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 133-152.
- Otero, J. (1997). El conocimiento de la falta de conocimiento de un texto científico. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 4(11), 15-22.
- Pérez Rodríguez, U., Álvarez Lires, M. y Serrallé Marzoa, J. (2009). Los errores de los libros de texto de primer curso de ESO sobre la evolución histórica del conocimiento del universo. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), 109-120.
- Quílez, J. (2009). Análisis de los errores que presentan los libros de texto universitarios de Química General al tratar la energía libre de Gibbs. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(3), 317-330.

Slisko, J. (2000). Errores comunes en problemas numéricos de la física escolar. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (14), 87-98.

Slisko, J. (2003). Errores en los libros de texto de Física: ¿Cómo convertir estos obstáculos de aprendizaje en oportunidades para el desarrollo del pensamiento crítico? *Educación en Física. IncurSIONes en su investigación*, 79-120.

Slisko, J. (2009). Repeated errors in physics textbooks: what do they say about the culture of teaching? *Physics Community and Cooperation. Volume 2*. International Conference GIREP-EPECT & PHEC. University of Leicester. UK.

Solaz Portóles, J. y Sanjosé López, V. (1993). Imprecisiones en el tratamiento termodinámico de la disolución de sólidos iónicos en agua. *Resúmenes de Comunicaciones, Tomo II, de la XXIV Bienal de la Real Sociedad Española de Física* (DI 36).

Solbes, J., Calatayud, M., Climent, J., y Navarro, J. (1987). Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), 189-195.

Uribe, M. y Ortiz, I. (2014). Programas de estudio y textos escolares para la enseñanza secundaria en Chile: ¿qué oportunidad de alfabetización científica ofrecen? *Enseñanza de la Ciencias*, 32(3), 37-52.