

Descripción de los problemas resueltos de corriente alterna en libros de texto universitarios

Description of AC solved problems in college textbooks

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Norah Giacosa, María Laura Vergara, Claudia Zang, Ramiro Galeano, Alejandro Such

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

E-mail: norahgiacosa@gmail.com

Resumen

Se exploró una muestra intencional de problemas resueltos, inherentes a circuitos de corriente alterna, que se muestran en diez libros de texto universitarios de uso frecuente en Argentina. Los resultados señalan que en la mayoría de los enunciados no se discute el interés del problema, el contexto en pocas ocasiones alude a la vida cotidiana, las figuras son escasas y las consignas solicitadas son cerradas y directas. En la mayor parte de las resoluciones no se especifica el sistema físico ni el modelo empleado. Predominan hipótesis analíticas y resoluciones formales con explicaciones breves. La cantidad de gráficos cartesianos y vectores rotantes es escasa. Los resultados se presentan generalmente en forma numérica y se interpretan o validan en menos de la mitad de los casos. Habitualmente no se plantean otras perspectivas de resolución ni nuevos interrogantes. Se concluye que los casos analizados estimularían el uso de algoritmos matemáticos y no promoverían el quehacer científico en los estudiantes. Resulta prioritario crear ambientes de aprendizaje donde se promueva la comprensión cualitativa de los problemas y el análisis de conceptos físicos subyacentes.

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

Abstract

An intentional sample of solved problems, inherent to alternating current circuits that appear in ten academic textbooks frequently used in Argentina, was explored. The results indicate that in most of the statements, the interest of the problem is not discussed, the context rarely alludes to daily life, the figures are scarce, and the requested assignments are closed and direct. Neither the physical system nor the used model is specified in most of the resolutions. Analytic hypotheses predominate as well as formal resolutions with brief explanations. The amount of Cartesian graphs and rotating vectors is small. The results generally appear in a numerical form and are interpreted or validated in less than half of the cases. Neither alternative perspectives of resolution nor new questions are frequently proposed. It is concluded that the analyzed cases would stimulate the use of mathematical algorithms but would not promote scientific work among the students. It is a priority to create a learning environment that promotes the qualitative understanding of the problems and the analysis of the physical underlying concepts.

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

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de Física universitaria argentina y los libros de textos (LT) que frecuentemente se utilizan para su aprendizaje consideran la resolución de problemas de lápiz y papel como una actividad relevante. Dicha relevancia se evidencia en el tiempo que se destina formalmente a la misma en las instituciones educativas, y en el espacio que ocupa en los LT, tanto como complemento de exposición y desarrollo de los temas y/o como actividad propuesta al final del capítulo. Además, la resolución de problemas fue incluida entre las 16 “habilidades del siglo 21”, dentro del grupo de competencias tendientes a desarrollar el pensamiento crítico (García-Ajofrín, 2015).

Jonassen (2010) sugiere que la resolución de problemas es el objetivo cognitivo más importante de la educación, formal e informal, en todos los contextos educativos. Por su parte, Maloney (1994 citado por

Guisasola y otros, 2011) sostiene que dicha actividad conduce a la comprensión de los fenómenos físicos y es una estrategia fiable para valorar el aprendizaje alcanzado por los estudiantes. Sin embargo, la investigación educativa ha mostrado, por un lado, que un número considerable de estudiantes puede resolver problemas cuantitativos exitosamente, pero tiene dificultades para explicar el significado de sus propias soluciones numéricas (McDermott, 1991; Cruz y otros, 2012), fundamentalmente cuando se emplean formatos de enseñanza transmisiva; y por otro, que un cambio de lenguaje en problemas semánticamente equivalentes puede afectar a su resolución (Benegas y Villegas, 2011).

Recientemente, el Centro de Estudios de la Educación Argentina (CEA, 2015) informó que la deserción universitaria en Argentina es alta, 70 de cada 100 estudiantes no concluyen sus estudios. En este contexto, no es de extrañar que mejorar las habilidades de los estudiantes en la resolución de problemas continúe siendo un objetivo primordial para profesores e investigadores en Didáctica de las Ciencias (Solaz Portolés y Sanjosé López, 2012).

En virtud de lo mencionado, el propósito de este trabajo es describir y caracterizar los problemas resueltos (PR) relativos a circuitos de corriente alterna (CA) que se muestran en los LT universitario que se utilizan frecuentemente en el ciclo básico de carreras de corte científico-tecnológico de Argentina.

II. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

Los PR se exploraron en el marco teórico denominado *Metodología de resolución de problemas como investigación dirigida* propuesto por Gil Pérez y Martínez Torregrosa (1987), Ramírez Castro y otros (1994), Gil Pérez y otros (1999), Guisasola y otros (2011), Pavón Martínez y Martínez Aznar (2014), y que ha sido extensamente desarrollado en otras publicaciones de los integrantes del equipo de esta investigación (Giacosa y otros, 2012, Giacosa y otros, 2015). Las categorías de análisis utilizadas en este estudio se elaboraron teniendo en cuenta que, según la perspectiva asumida, el tratamiento de situaciones problemáticas se facilita cuando en el proceso se contemplan las siguientes etapas: planteamiento cualitativo y operativización del problema, formulación de hipótesis y casos límites, diseño y elaboración de posibles estrategias, resolución o desarrollo de las estrategias, análisis de los resultados y memoria/recapitulación del proceso seguido.

Respecto a los antecedentes del tema, es de destacar que la producción científica que ha tomado como objeto de estudio la resolución de problemas es numerosa y variada. Así, en la revisión realizada por Costa (2005), se analizaron 201 reportes dedicados únicamente a esa temática, circunscriptos al área de Ciencias y Matemáticas, y publicados en el período 1995–2004.

La literatura muestra que existen publicaciones cuyo propósito fue indagar los PR en LT universitarios de Física. Concari y Giorgi (2000) analizaron los relativos a Mecánica que se muestran en los capítulos destinados a la enseñanza de cinemática de traslación y rotación, dinámica de la partícula y de sistemas de partículas, trabajo y energía. Pandiella (2003) estudió los relacionados a Electricidad, específicamente aquellos que abordan cuestiones concernientes a interacción eléctrica y campo eléctrico. Finalmente, también se describieron los PR relativos a circuitos de corriente continua RC en serie (Giacosa y otros, *op.cit.*) y circuitos de corriente continua RL en serie (Giacosa y otros, *op.cit.*). Los resultados de estas investigaciones indicarían, en términos generales, que los PR que se muestran en los LT son mayoritariamente cuantitativos, cerrados y reiterativos. Prevalen resoluciones donde se omiten procesos básicos del quehacer científico, lo cual promovería destrezas meramente operativas con escasa reflexión. Concari y Giorgi (*op.cit.*) y Pandiella (*op. cit.*) sostienen que en los ejemplos analizados es posible identificar un “modelo” o “patrón” de resolución bajo el cual subyace la idea de “desproblematizar” tanto la enseñanza universitaria como el problema, respectivamente.

III. METODOLOGÍA

La metodología empleada se sitúa en la modalidad de estudio descriptivo de casos múltiples. La muestra intencional se conformó con los PR extraídos de diez LT que se muestran, junto al código asignado, en el anexo. Los criterios con los cuales se seleccionaron los LT fueron: i) estar citado en la Bibliografía recomendada en diferentes Programas Analíticos vigentes en la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM), ii) el autor no se repitiera y iii) su edición fuera lo más actual posible.

La técnica empleada para indagarlos fue el análisis de contenido (Bardín, 1996; Ander-Egg, 2010). Las categorías utilizadas para analizar y caracterizar los PR se circunscribieron a: A) Modo en que se presenta la situación problemática, B) Aspectos involucrados en la resolución y C) Manera de formular otras perspectivas en el planteo, tal como proponen Concari y Giorgi (*op.cit.*). Las subcategorías e indica-

dores de la presencia, ausencia o características particulares -adaptadas/ampliadas por los autores de este trabajo, por razones de espacio- se presentan en la Tabla I junto a la discusión de resultados.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las actividades que se presentan bajo el formato de PR totalizan 55. En la Tabla I se presenta el análisis de los enunciados de los problemas y sus respectivos procesos de resolución. Para cada indicador de las subcategorías se mostró la frecuencia absoluta (FA) y la frecuencia porcentual (FP).

TABLA I: Análisis de los enunciados de los problemas y sus respectivos procesos de resolución según las tres categorías de análisis adoptadas (N=55). A. Modo de presentación de la situación problemática. B. Aspectos involucrados en la resolución. C. Manera de formular otras perspectivas.

Categorías		FA	FP	
A	A.1. Discusión del interés de la situación problemática	A.1.1. Se presenta	1	2
		A.1.2. No se presenta	54	98
	A.2. Tipo de situación problemática a la que alude	A.2.1. Específica de la disciplina o del trabajo experimental de laboratorios	44	80
		A.2.2. Trabajo científico	0	0
		A.2.3. Situación cotidiana	11	20
	A.3. Tipo de presentación de la información	A.3.1. General	3	5
		A.3.2. Particular	52	95
	A.4. Sistema comunicativo empleado en la presentación de la información	A.4.1. Lingüístico (a través de una descripción verbal)	17	31
		A.4.2. Simbólico (empleando símbolos tales como <i>R</i> para resistor, <i>L</i> para inductor, <i>C</i> para capacitor, etc.)	4	7
		A.4.3. Mixto (usando descripciones verbales y simbólicas)	34	62
	A.5. Figuras a las que alude la presentación de la situación problemática	A.5.1. Ninguna	42	76
		A.5.2. Figuras generales	9	16
		A.5.3. Figuras particulares	3	6
		A.5.2. Otras (fotos, esquemas de circuitos, etc.)	1	2
A.6. Forma en que es definido el problema	A.6.1. A través de una consigna directa	54	98	
	A.6.2. A través de una consigna abierta	1	2	
B	B.1. Discusión del sistema físico en estudio	B.1.1. Se presenta	7	13
		B.1.2. No se presenta	48	87
	B.2. Explicación del modelo físico adoptado	B.2.1. Se presenta	8	15
		B.2.2. No se presenta	47	85
	B.3. Forma de explicitar las hipótesis formuladas	B.3.1. Descriptiva	0	0
		B.3.2. Analítica	55	100
	B.4. Tipo de representaciones empleadas en el proceso de resolución	B.4.1. Formal con explicación de las representaciones	52	94
		B.4.2. Formal sin explicación de las representaciones	2	4
		B.4.3. Argumentativa	1	2
	B.5. Gráficos cartesianos	B.5.1. Se presentan	7	13
		B.5.2. No se presentan	48	87
	B.6. Vectores rotantes	B.6.1. Se presenta	10	18
		B.6.2. No se presenta	45	82
	B.7. Tipos de resultados que se muestran	B.7.1. Numéricos	47	86
		B.7.2. Analíticos	5	9
		B.7.3. Mixtos (numérico y analítico)	3	5
	B.8. Tipo de análisis de los resultados	B.8.1. Interpretativo	25	46
B.8.2. De validación		4	7	
B.8.3. No se presenta		26	47	
C	C.1. Forma de replantear el problema	C.1.1. Se presenta	5	9
		C.1.2. No se presenta	50	91
	C.2. Planteo de nuevos problemas	C.2.1. Se presenta	3	5
		C.2.2. No se presenta	52	95

A continuación, se describen aspectos generales de las actividades propuestas en los LT y luego; de manera particular, cada una de las tres categorías.

Los PR se denominan “Ejemplo” en ocho LT (T1, T3, T4, T6, T7, T8, T9, T10), “Problema muestra” en uno (T5) y se diferencian en “Ejemplo” y “Problema resuelto” en el restante (T2).

Respecto a las estrategias de resolución de PR, existen cuatro LT que proponen procedimientos que se reiteran a lo largo de la obra (T2, T4, T7, T10) y seis que sólo muestran la solución (T1, T3, T5, T6, T8, T9). Entre los primeros, se destaca el T2 que bajo el título “Habilidades para la resolución de problemas: aprender a pensar como un científico” propone un método de resolución de problemas de siete pasos consistente en: piense, esboce, investigue, simplifique, calcule, redondee y vuelva a revisar. En el T7 se propone una “Estrategia General para Resolver Problemas” conformada por cuatro etapas a las que identifican como: conceptualizar, categorizar, analizar y finalizar. Algo semejante se muestra en el T10, donde los autores dicen: “...el celebrado enfoque de cuatro pasos para resolver problemas, basado en la investigación...” y consistente en: identificar, plantear, ejecutar y evaluar. En T4, luego del enunciado se propone un párrafo breve denominado “planteamiento” cuya función es bosquejar el enfoque y los pasos que se pueden seguir en la resolución, seguidamente la “solución” y en algunas ocasiones finaliza con una “nota” que tiene por objetivo comentar esta última.

Las consignas que se solicitan en los 55 PR totalizan 178. Los procedimientos identificados en ellas, ordenados de mayor a menor frecuencia absoluta, son: cálculo numérico de variables (158), escritura de ecuaciones (10), construcción de gráficos cartesianos (5), comparación de valores de diferencia de potencial (2), comparación del estado relativo de la corriente y del voltaje en el transcurso del tiempo (1), estudio de un circuito de CA mediante la técnica de los vectores rotantes (1) y explicación de la variación de la corriente en función de la frecuencia (1).

El procedimiento más requerido es el cálculo numérico de variables que representa el 88,7% del total. Las variables cuyos cálculos de valores numéricos se solicitan son: intensidad de corriente (48), reactancia (26), voltaje en el extremo de los elementos (16), valores de los elementos del circuito (15), potencia (14), ángulo de fase (12), impedancia (8), frecuencia (6), costo (4), factor de potencia (3), número de espiras de un transformador (3), amplitud de voltaje proporcionado por la fem (1), suma de voltaje máximo en los elementos (1) y factor Q o también denominado factor de calidad (1).

A. Modo de presentación de la situación problemática

A.1. Discusión del interés de la situación problemática

En el 98% de los problemas de la muestra analizada la discusión del interés de la situación presentada está ausente. El único caso que discute el interés, lo hace en la introducción de su enunciado. En ese ejemplar puede leerse: “Una manera para mejorar el desempeño de un sistema de audio consiste en enviar altas frecuencias a una pequeña bocina denominada bocina para altas frecuencias (tweeter) y bajas frecuencias a una gran bocina denominada bocina para bajas frecuencias (woofer)...” (T2, p.974).

A.2. Tipo de situación problemática a la que alude

En el 80% de los problemas analizados, el contexto alude a situaciones específicas de la disciplina o al trabajo experimental de laboratorios de enseñanza. La mayoría de ellos hace referencia a circuitos eléctricos conformados por un solo elemento (resistencia, inductor, condensador) o combinaciones de ellos conectados en serie a una fem alterna. Ningún problema aborda cuestiones relacionadas con el trabajo científico como, por ejemplo, la puesta en marcha de una represa hidroeléctrica. Los elementos de la vida cotidiana citados en los PR son transformador, secador de pelo, lámpara incandescente, timbre, cafetera, radio, bocinas de audio y parlantes, y representan el 20% del total.

A.3. Tipo de presentación de la información

La información con la cual se presenta la situación problemática en el 95% de los casos estudiados es particular, pues se otorgan valores cuantitativos específicos a las magnitudes de las cuales depende la respuesta. En el 5% restante, dicha información es general, simbólica y se exhibe en tres ejemplares (T1, T3, T8). Estos últimos problemas solicitan estudiar un circuito de CA usando la técnica de vectores rotantes, obtener una expresión que relacione cinco parámetros de circuitos RLC en serie y determinar una ecuación del voltaje de un capacitor en función de la frecuencia.

A.4. Sistema comunicativo empleado en la presentación de la información

En la mayoría de los enunciados de los problemas analizados (62%) se utiliza un sistema comunicativo mixto, donde el sistema lingüístico describe verbalmente la situación y el sistema simbólico emplea notaciones propias del tema abordado para asignar valores, generalmente numéricos, a determinadas variables. En porcentajes menores prevalece el sistema lingüístico por sobre el simbólico (31%) o viceversa

(7%). Enunciados de situaciones expresadas de la siguiente manera: “Para el circuito L-R-C en serie del ejemplo 31.4, a) calcule el factor de potencia, b) calcule la potencia media entregada a todo el circuito y a cada uno de sus elementos” (T10, p. 1077) se categorizaron como sistema comunicativo lingüístico; en cambio, otros tales como: “Considere un circuito RLC en serie para el que $R=150\ \Omega$, $L=20.0\ \text{mH}$, $\Delta V_{\text{rms}}=20.0\ \text{V}$ y $\omega=5000\ \text{s}^{-1}$. Determine el valor de la capacitancia para que la corriente sea un máximo.” (T7, p.939) se consideraron representativos del sistema simbólico.

A.5. Figuras a las que alude la presentación de la situación problemática

Los enunciados de los problemas carecen de figuras en el 76% de las situaciones problemáticas presentadas. Las figuras generales, con explicitación de símbolos y sin valores específicos de las magnitudes de las que dependen las respuestas, se presentan en el 16% de los casos estudiados. Las figuras particulares, aquellas donde además de explicitar los símbolos, se asignan valores a las magnitudes de las cuales dependen las respuestas del problema, son escasas, se muestran en el 6% de los ejemplos analizados y están incluidas en dos LT (T6, T10). Otros tipos de figuras, tales como las fotos, se exhiben en el 2% de los enunciados, aluden a parlantes y se encuentran en T2. Entre las figuras particulares, llama la atención la que se presenta en el T10, en el enunciado del Ejemplo 31.8 (Figura 31.20, p.1079) pues en ella se proporciona la mitad de las respuestas del problema.

A.6. Forma en que es definido el problema

Los problemas se definen a través de una consigna o pregunta directa en el 98% de los casos y mediante una pregunta abierta en el 2% restante. Se consideraron consignas cerradas: “¿Cuál es la potencia media disipada?”, “Calcule la reactancia capacitancia del condensador”, “Determine la corriente en la bobina”, etc. El único caso categorizado como pregunta abierta dice: “Estudiar un circuito de corriente alterna usando la técnica de los vectores rotantes” (T1, p.669).

B. Aspectos involucrados en la resolución

B.1. Discusión del sistema físico en estudio

En el 87% de las resoluciones de las situaciones problemáticas analizadas no se discute el sistema físico en estudio. Las ocasiones en que las que sí se hace representan el 13% del total de casos examinados y todos ellos se encuentran en el mismo ejemplar, el T7. En este LT, bajo el título “Conceptualizar”, se define explícitamente el sistema físico haciendo alusión a una figura general con símbolos característicos del circuito pero sin asignación de valores particulares a las magnitudes de las cuales dependen las respuestas.

B.2. Explicación del modelo físico adoptado

En el 85% de las resoluciones estudiadas no se explicita el modelo físico adoptado. Los LT que señalan claramente las modelizaciones realizadas totalizan siete (T3, T5, T6, T7, T8, T9, T10) y en ellos se encuentran 8 problemas que representan el 15% de los casos estudiados. Los ejemplos en los que se señala el modelo físico se circunscriben a los elementos pasivo y/o activos del circuito o aplicaciones de circuitos de CA. De la resistencia, como elemento pasivo, se especifica: “En este cálculo se supuso que la resistencia es una resistencia ideal con factor de potencia unitario.” (T6, p.936) al igual que: “Este problema trata de encontrar la potencia entregada a una carga resistiva de un circuito CA. Ignore cualquier característica capacitiva o inductiva de la carga e iguale el factor de potencia a 1” (T7, p.941) o como aplicación puede leerse: “Suponemos que la secadora es un resistor” (T10, p. 1077). Asimismo, se considera la bobina como ideal cuando se señala en el enunciado de la situación problemática: “Si la resistencia de la bobina tiene un valor despreciable ¿cuál es la corriente efectiva que fluye por la bobina” (T9, p.931) o en la resolución de otro problema cuando se indica:

No se dice nada de los demás elementos del circuito del que forma parte el inductor, pero no debemos preocuparnos demasiado por ello porque, desde el punto de vista de este ejemplo, todo lo que hacen es suministrar al inductor un voltaje oscilante. De ahí que todos los demás elementos del circuito estén agrupados en la fuente de ca, como se ilustra en la figura 31.8a. (T10, p.1067)

El capacitor se modela como ideal al afirmar: “Cuando la corriente es continua, la frecuencia es igual a cero y entonces el condensador interrumpe cualquier corriente (de manera ideal)” (T3, p.764). Final-

mente, en dos ocasiones se indica que el transformador es ideal, ello presupone aceptar que el dispositivo permite variar las tensiones y las corrientes alterna sin pérdida apreciable de potencia. En un caso se puede leer detalladamente: "Como estamos suponiendo que el rendimiento de la transmisión de potencia es del 100 por ciento..." (T8, p.922), en cambio en el enunciado de otro LT sólo se indica: "Supóngase un transformador ideal, una carga resistiva y un factor de potencia unitaria" (T5, p. 289).

B.3. Forma de explicitar las hipótesis formuladas

Las hipótesis descriptivas, entendidas como predicciones o suposiciones realizadas en el sistema lingüístico -a partir de determinados datos- que posibilitan iniciar una investigación, están ausentes en las resoluciones de la totalidad de los problemas analizados. En todos los casos se presenta la solución del problema a través de hipótesis analíticas, es decir usando afirmaciones presentadas en el sistema simbólico (por ejemplo: $X=X_L-X_C$).

B.4. Tipo de representaciones empleadas en el proceso de resolución

Las resoluciones son formales (se emplean ecuaciones generales) con explicación de las representaciones utilizadas en el 94% de los casos estudiados, formales sin explicación en el 4% y argumentativa en el 2% restante. Las resoluciones formales sin explicación se muestran en T3 (Ejemplo 31.4, p.766 y Ejemplo 31.5, p. 768). El único caso donde se pudo identificar la argumentación se presenta en el T10 (Ejemplo 31.2, p.1067) y en él se señala que la amplitud de corriente es inversamente proporcional a la frecuencia, por lo tanto si la frecuencia aumenta diez veces, la corriente disminuye a un décimo y; si la frecuencia disminuye a un décimo de la original, la corriente aumenta diez veces.

B.5. Gráficos cartesianos

Los gráficos cartesianos se presentan en el 13% de las resoluciones estudiadas y se muestran en cuatro ejemplares de la muestra intencional de LT (T2, T6, T8 y T10). En T2 (Figura 20.25, p. 974) se representa el cociente entre el voltaje de salida y el voltaje de entrada en función de la frecuencia para tres tipos de filtros: paso bajo, paso alto y paso de banda. En T6 se grafica, por un lado, la intensidad de corriente máxima versus la frecuencia para tres resistencias de diferentes valores (Figura 22.7, p.922) y por otro, (a) la amplitud de la corriente en función del tiempo y (b) el ángulo de "desfasamiento" entre la corriente y la fem en función de la frecuencia para un circuito RC (Figura 22.11 a y b, p. 927). En T8 (Figura 28.22, p. 918) se muestra un gráfico del cociente entre la tensión de entrada y la de salida en función de la frecuencia de un filtro de paso bajo al que denomina "filtro pasa baja RC". En T10 se exhiben cuatro gráficos que representan la variación temporal de: la corriente y el cuadrado de corriente (Figura 31.6, p.1064), los voltajes de la fuente, de la resistencia, del inductor y del capacitor (Figura 31.15, p. 1074); y voltaje, corriente y potencia en (b) un inductor y (c) en un capacitor (Figura 31.16, b y c) respectivamente. Las dos primeras figuras representan gráficas de situaciones problemáticas particulares donde se asignó valores a las magnitudes de las cuales depende la solución, en cambio; las últimas dos son figuras generales que se utilizaron durante el desarrollo teórico del tópico denominado "Potencia en circuitos de corriente alterna".

B.6. Vectores rotantes

En el 18% de las resoluciones estudiadas se hace referencia a la técnica de vectores rotantes. Las resoluciones que emplean este recurso totalizan diez, se presentan en seis LT (T1, T4, T5, T6, T8 y T10) y aluden, por lo general, a circuitos RLC en serie conectados a una fem alterna. En siete ocasiones, sobre un total de diez, se hace referencia a diagramas de vectores rotantes que carecen de valores particulares de las variables de las que depende la solución y en tres casos se muestran diagramas particulares elaborados teniendo en cuenta valores numéricos extraídos del enunciado o de la propia resolución de la situación problemática. Éstos últimos se hallan en T6 (Figura 22.12 y 22.13, p.928 y 929 respectivamente) y T8 (Figura 28.19, p. 918).

B.7. Tipos de resultados que se muestran

Los resultados se presentan en forma numérica en el 86% de los casos analizados, de manera analítica (9%) y mixta (5%).

B.8. Tipo de análisis de los resultados

Los resultados que se muestran en la resolución de las situaciones problemáticas analizadas se interpretan en el 46% de los casos. Otro 7% del total presenta resultados que se validan ante el cuerpo de conocimiento o ante la experiencia y en el 47% restante no se presenta ningún tipo de análisis de los resultados exhibidos. Analizando las interpretaciones realizadas, se aprecia que en la mayoría de ellas (15/25) se concreta mediante la comparación de valores numéricos, en menor cantidad de ocasiones se interpretan signos (4/25), se analiza la dependencia funcional de expresiones analíticas (3/25) o se cotejan gráficos cartesianos (3/25).

C. Manera de formular otras perspectivas

C.1. Forma de replantear el problema

En el 91% de los casos analizados no se replantea el problema. Las ocasiones en la que se hace (9%) se formulan nuevas hipótesis analíticas que permiten calcular por diversos procedimientos valores numéricos de ciertas magnitudes. Los escasos problemas donde se advirtió este último proceder se muestran en tres LT (T5, T8 y T10) y la variedad de ejemplos conceptualmente diferentes totalizan dos. Uno de ellos corrobora que la potencia promedio disipada por la resistencia, de un circuito RLC alimentado por una fem alterna, es igual a la potencia promedio suministrada por la fem. El otro, reconoce que en un transformador ideal el valor de la resistencia del circuito primario puede calcularse a partir del principio de conservación de la energía o aplicando la ley de inducción de Faraday, la cual presupone aceptar que el flujo magnético en el enrollamiento primario es igual al flujo magnético del secundario.

C.2. Planteo de nuevos problemas

La enunciación explícita de nuevas preguntas está ausente en el 95% de los problemas analizados y presente en el 5% restante. Sólo en tres casos se hace evidente la posibilidad de otros planteos. En uno de ellos, localizado en T6, a través de semejanza con el proceso de sintonización de una radio y en los otros dos, presentes en T7, utilizando explícitamente la pregunta “¿Qué pasaría si?”.

En el primer caso se solicita hallar el valor de capacitancia variable de un capacitor, que forma parte de un circuito RLC conectado a una fem alterna, de manera que la amplitud de corriente sea máxima. Al finalizar solicita replicar el ejercicio para otros dos valores diferentes de resistencia. Uno de los ejemplos de T7 propone calcular los valores de reactancia inductiva y corriente de un circuito completamente inductivo cuando se conocen los valores numéricos de inductancia, voltaje y frecuencia. Finalizado el proceso solicita analizar qué sucede si se aumenta la frecuencia, de manera de observar que la reactancia inductiva también aumenta, en cambio la corriente disminuye. En otro ejemplo del mismo LT, se solicita determinar el valor de la reactancia capacitiva y de la corriente en un circuito capacitivo puro conociendo los valores de capacitancia, voltaje y frecuencia. Nuevamente se pide examinar el valor de corriente si la frecuencia se duplica. Bajo este supuesto, se corrobora que la reactancia capacitiva disminuye a la mitad y la corriente aumenta al doble.

Finalmente y sin que fuera el propósito principal de este estudio, es de destacar que se identificaron imprecisiones en los enunciados y/o resoluciones de diez PR, distribuidos en seis de los LT seleccionados (T1, T6, T7, T8, T9, T10).

V. SÍNTESIS E IMPLICANCIAS PARA LA DOCENCIA

El estudio indicó que en la muestra de PR analizados (55) es posible identificar 178 procedimientos, de los cuales, en 158 ocasiones se solicita el cálculo numérico de alguna variable. Los parámetros numéricos más frecuentemente solicitados son cinco (intensidad de corriente, reactancia, voltaje en los extremos de los elementos, valores de los elementos del circuito y potencia) y representan las tres cuartas partes del cálculo numérico.

Del análisis realizado en torno al *modo de presentación de la situación problemática* surge que en la mayoría de los enunciados no se discute el interés del problema, el contexto en pocas ocasiones alude a la vida cotidiana, la información proporcionada es cuantitativa y se presenta preferentemente empleando un sistema comunicativo mixto, las figuras son escasas y las consignas solicitadas son cerradas y directas. Respecto a los *aspectos involucrados en la resolución*, se observa que en la mayor parte de las resoluciones no se especifica el sistema físico ni el modelo empleado. No se presentan hipótesis descriptivas; se usan hipótesis analíticas. Predominan resoluciones formales con explicaciones breves. La cantidad de

gráficos cartesianos y vectores rotantes es escasa. Los resultados de los PR se presentan generalmente en forma numérica y se interpretan o validan en menos de la mitad de los casos. En relación a la *manera de formular otras perspectivas*, se aprecia que habitualmente no se plantean otros procedimientos de resolución ni nuevos interrogantes.

De la síntesis anterior se infiere que, en los LT universitarios de uso habitual en el ciclo básico de carreras científico-tecnológicas de Argentina prevalecen PR, inherentes a circuitos de CA, cerrados y cuantitativos, lo cual concuerda con las conclusiones de los trabajos del área de Mecánica y Electricidad citados. Por lo tanto, resulta prioritario crear ambientes de aprendizaje para promover la comprensión cualitativa de los problemas y el análisis de los conceptos físicos subyacentes (Solaz Portolés y Sanjosé López, *op.cit.*). La versatilidad del cálculo numérico de variables que proponen los LT es escasa. Si se pretende consolidar el tema a través de actividades prácticas debería diversificarse en el aula el contenido conceptual que con las mismas se aborda. La resolución de los problemas que se muestra guarda escasa coherencia con el trabajo de investigación dirigida, estimularía el uso de algoritmos matemáticos y no promovería el quehacer científico en los estudiantes.

Por último, dado que el 18% de PR contiene alguna imprecisión, queda pendiente para futuros trabajos el análisis de dichas deficiencias, ya que como sostiene Slisko (2009) es necesario identificar y difundir los errores que contienen los LT, de manera de alertar a docentes y estudiantes que los utilizan.

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 FCEQyN-UNaM.

REFERENCIAS

- 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.
- Benegas, J. y Villegas, M. (2011). Influencia del texto y del contexto en la Resolución de Problemas de Física. *Latin American Journal of Physics Education*, 5(1), 217-224.
- CEA (2015) Nuestra graduación es menor que la de nuestros vecinos de Brasil y Chile. *Centro de Estudios de la Educación Argentina*. Universidad Nacional de Belgrano. Boletín N° 4. Abril.
- Concari, S. y Giorgi, S. (2000). Los problemas resueltos en los textos universitarios de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 381-390.
- Costa, S. (2005). Modelos mentais e resolução de problemas. Tesis Doutorado em Ciência. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- Cruz, A., Campos, M. y González, E. (2012). Habilidades cognitivas y la resolución de un problema de cinemática: un estudio comparativo entre los estudiantes de secundaria, bachillerato y universidad. *Latin American Journal of Physics Education*, 6(2), 292-299.
- García-Ajofrín, L. (2015). PISA medirá competencias globales. *Escuela*. Sección Internacional. Semana del 8 al 14 de abril. Editorial Wolters Kluwer.
- Giacosa, N.; Giorgi, S. y Maidana, J. (2012). Circuitos de corriente continua RC en serie: un análisis de textos universitarios y de otros recursos con incorporación de TIC. *Latin American Journal of Physics Education*, 6(3), 449-465.
- Giacosa, N., Zang, C., Giorgi, S., Maidana, J. y Such, A. (2015). Los problemas resueltos en libros de texto del ciclo básico universitario relativos a circuitos RL en corriente continua. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 3(3), 640-662.
- Gil Pérez, D. y Martínez Torregrosa, J. (1987). *La resolución de problemas de Física: una didáctica alternativa*. España: Ministerio de Educación y Ciencia.

Gil Pérez, D., Furio Mas, C., Valdes, P., Salinas, J., Martínez Torregrosa, J., Guisasola, J., Gonzalez, E., Dumas Carre, A., Goffard, M. y Carvalho, A. (1999). Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), p 311-20.

Guisasola, J., Ceberio, M., Zubimendi, J. y Almudí, J. (2011). La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de Física universitaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 439-452.

Jonassen, D. (2010). Research Issues in Problem Solving. The 11th International Conference on Education Research. New Educational Paradigm for Learning and Instruction.

McDermott, L. (1991). Millikan lecture 1990: What we teach and what is learned-closing the gap. *American Journal of Physics*, 59, 301-315.

Pandiella, S. (2003). Los problemas resueltos en libros universitarios ¿son un modelo a seguir? *Memorias del Congreso Latinoamericano de Educación Superior en el siglo XXI*. San Luis, 1-6.

Pavón Martínez, F y Martínez Aznar, M. (2014). La metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI), *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 469- 492.

Ramírez Castro, J., Gil Pérez, D., Martínez Torregrosa, J. (1994). *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.

Slisko, J. (2009). Repeated errors in physics textbooks: what do they say about the culture of teaching? *Physics Community and Cooperation*. Vol. 2. GIREP-EPECT & PHEC. Univ. of Leicester, UK, 31-46.

Solaz Portolés, J. y Sanjosé López, V. (2012). Conocimientos y procesos cognitivos en la resolución de problemas de Ciencias: consecuencias para la enseñanza. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 1(1), 147-162.

ANEXO: 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.