

# Análisis de propuestas didácticas que incorporan gráficas cartesianas

Marta Yanitelli<sup>1</sup>, Miriam Scancich<sup>1</sup>, Leandro Pala<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250. CP 2000, Rosario, Santa Fé Argentina.

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

E-mail: myanitel@fceia.unr.edu.ar

## Resumen

Se comunican resultados derivados de la revisión y análisis de artículos de la revista Latin-American Journal of Physics Education (LAJPE) que incluyen propuestas didácticas de Física, a fin de reconocer tendencias actuales en el estudio de procesos de enseñanza y de aprendizaje asociados a las gráficas cartesianas, especialmente, las obtenidas con tecnologías digitales. Teniendo en cuenta aspectos didácticos y tecnológicos se establecieron cuatro categorías de análisis. Los aspectos significativos detectados en las propuestas se constituyeron en las modalidades de las categorías. Se identificó que la mayoría de las propuestas corresponden al área de Mecánica Clásica con base teórica en perspectivas constructivistas/cognitivas; que predominan ambientes de aprendizaje basados en el uso de programas informáticos y que los autores hacen referencia a las habilidades cognitivas relacionar, interpretar, ajustar, modelar y comparar.

**Palabras clave:** Gráficas cartesianas, Física, Recursos tecnológicos, Habilidades cognitivas.

## Abstract

Results from the review and analysis of articles from the magazine Latin-American Journal of Physics Education (LAJPE) include didactic proposals of Physics are communicated, in order to recognize current trends in the study of teaching and learning to Cartesian graphs, especially those obtained with digital technologies. Considering educational and technological aspects four categories of analysis were established. The significant aspects identified in the proposals were constituted in the modalities of the categories. It was identified that most of the proposals relate to the area of classical mechanics theory, which are based on constructivist / cognitive perspectives, with learning environments based on the use of computer programs and that the authors refer to cognitive abilities relate, interpret, adjust, model and compare.

**Keywords:** Cartesian graphics, Physics, Technological resources, Cognitive skills.

## I. INTRODUCCIÓN

La habilidad para tratar información presentada en formato gráfico ha pasado progresivamente a ser esencial para tomar decisiones y desenvolverse en una sociedad tan cambiante como la actual (García y Cervantes, 2004). En este sentido, se hace necesario generar entornos de aprendizaje que ayuden a los estudiantes a descifrar mensajes gráficos de una manera autónoma en lugar de dejarse llevar simplemente por la aparente sencillez e inmediatez de la imagen (Postigo y Pozo, 2000).

En particular, el tratamiento de gráficas cartesianas es clave pues éstas constituyen no sólo un aspecto fundamental en la evaluación de experimentos sino también una de las formas de comunicación característica de la actividad científica. Según Schnotz y Bannert (2003) son representaciones adecuadas para extraer inferencias a partir de las mismas. En tanto Kozma (2003) enfatiza que las representaciones gráficas proveen un sustrato visible a procesos subyacentes en los fenómenos científicos que no son evidentes a simple vista.

En relación al proceso de enseñanza y de aprendizaje de la Física, cuando los estudiantes se enfrentan a una actividad de laboratorio generalmente deben construir gráficas que les posibiliten establecer relaciones entre las variables contempladas dentro del fenómeno en estudio; modelar a través de un proceso de selección de funciones matemáticas; trabajar en el marco de las teorías de la disciplina - lenguaje específico de la Física- y establecer vínculos con el hecho real analizado. Estas acciones demandan implementar estrategias de enseñanza orientadas a facilitar el trabajo por parte de los estudiantes.

La incorporación de herramientas tecnológicas en las propuestas didácticas puede ser una importante contribución en la adquisición de tales habilidades (Testa, Monroy & Sassi, 2002; Sassi, Monroy & Testa, 2005). Asimismo, Kong (2008) afirma que dichas herramientas tecnológicas posibilitan la utilización de representaciones gráficas que favorecen el desarrollo conceptual y procedimental del dominio de conocimiento que se estudia.

En este contexto, un aspecto que se consideró relevante es la revisión y análisis de artículos de revistas que incluyen propuestas didácticas del campo de la educación en Física, a fin de reconocer tendencias actuales en el estudio de procesos de enseñanza y de aprendizaje asociados a las representaciones gráficas cartesianas (RGC) y, especialmente, las obtenidas con tecnologías digitales.

## II. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El análisis efectuado de los artículos, de carácter descriptivo, obedece al interés de identificar posibles respuestas a los siguientes interrogantes: ¿Qué importancia se les otorga a las gráficas cartesianas en el proceso de enseñanza y de aprendizaje? ¿Cuáles son las habilidades cognitivas relacionadas a las RGC que se ponen en juego en las propuestas didácticas analizadas? ¿Cómo se integran las tecnologías digitales en tales propuestas?

Si bien se prevé efectuar la búsqueda y revisión de artículos en diferentes revistas especializadas, disponibles en internet y de acceso libre, en el presente estudio se reportan los resultados derivados del análisis de artículos que incluyen propuestas didácticas correspondientes a la revista *Latin-American Journal of Physics Education (LAJPE)*. La búsqueda se acotó al período 2007-2013. Cabe aclarar que en el año 2007 se editó un solo número, en los años 2008 y 2009 tres números y desde el 2010 hasta el 2013 cuatro números por volumen.

Se entiende por propuesta didáctica a un instrumento elaborado para favorecer el proceso de enseñanza y de aprendizaje que incluye un conjunto de decisiones que abarcan aspectos propios del saber disciplinar, así como didácticos entre los que pueden nombrarse objetivos, estrategias metodológicas y evaluación.

Desde esta respectiva, en una primera etapa se identificaron aquellos trabajos que presentan propuestas didácticas que incorporan RGC destacando los siguientes aspectos: título, autores/país/año, palabras clave y nivel académico al cual se sugiere aplicar la propuesta. En este contexto, en una segunda etapa, se profundizó en el análisis de tales propuestas a partir de cómo los autores abordan la problemática asociada a la construcción y tratamiento de las RGC. Se confeccionó un reporte con énfasis en las pistas que ofrecen los autores para que el lector pueda compartir significados. Para su elaboración se procedió a la definición de categorías de análisis. Considerando aspectos didácticos y tecnológicos implicados en los artículos seleccionados, se establecieron las siguientes categorías:

1. Área de la Física. Tiene en cuenta el espacio del conocimiento en el que se encuadran las diferentes propuestas didácticas.

2. Lineamientos teóricos. Considera los referentes teóricos sobre los cuales los autores sustentan su propuesta didáctica para la construcción de ciertos conocimientos. Tales referentes derivan de las teorías de aprendizaje y de los aportes de las investigaciones en Enseñanza de las Ciencias.

3. Recurso informático. Hace referencia a la herramienta tecnológica utilizada en el marco de la propuesta que permite al estudiante el tratamiento de las RGC.

4. Habilidades cognitivas asociadas a las RGC. Comprende un conjunto de operaciones mentales, que permiten procesar la información vinculada a la elaboración y tratamiento de las RGC.

El análisis exhaustivo de las propuestas didácticas permitió reconocer aspectos significativos de éstas, los cuales se constituyeron en las modalidades de las categorías. Las descripciones de las modalidades, detectadas en las categorías Lineamientos teóricos y Habilidades cognitivas, se acompañan con la transcripción en cursiva de un fragmento que ejemplifica el modo en que las mismas se rastrearon en cada uno de los artículos. Finalmente, se efectuó un análisis de las modalidades en términos de frecuencias porcentuales.

El total de artículos seleccionados fue de 61, los cuales se listan en el Anexo identificados según: número de orden, título, autores, año/volumen/número. Los artículos se codificaron en el presente trabajo con el número de orden entre corchetes.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es importante resaltar que las propuestas didácticas analizadas se basan fundamentalmente en el planteo de actividades experimentales lo cual puede deberse a que la mayoría de los autores considera que “Las

prácticas de laboratorio son una importante herramienta pedagógica para los estudiantes de física de cualquier licenciatura de ciencias o ingeniería” [59]; “El construir un prototipo lleva al estudiante a una apropiación y aplicación de los conceptos de la física; fortalece la abstracción debido a que el estudiante debe utilizar la modelación física como un eje fundamental en el momento de dar solución a la problemática planteada. De igual manera, incentiva la capacidad de análisis y síntesis, cuando el estudiante establece cada una de las partes que integran el prototipo y muestra una aplicación práctica de la teoría” [44]. Sólo tres artículos presentan actividades en las que están involucradas metodologías analíticas y de cálculo numérico.

Del análisis de los artículos seleccionados se observa que, en el enunciado de las palabras clave, no se consignan términos tales como: “representaciones gráficas cartesianas”, “representaciones gráficas”, “gráficas cartesianas” o “gráficas”. Es llamativa la ausencia de dichos términos teniendo en cuenta que las palabras clave señalan los aspectos fundamentales del texto y nos abren las puertas de la comprensión plena del mismo. Se registró que en el artículo [48] se hace referencia de manera indirecta a las representaciones gráficas a través de la palabra clave “calculadora gráfica”.

En relación con el nivel académico de aplicación identificado en las propuestas se detectó que 57 (93%) de éstas corresponden al nivel superior (universitario, terciario y *college*), 12 (20%) al nivel medio (secundario, pre-universitario, *high school*) y 1 (2%) al nivel primario. Cabe aclarar que algunas propuestas pueden ser aplicadas en más de un nivel.

A continuación se detallan los aspectos significativos detectados en cada una de las categorías de análisis definidas *a priori*.

Respecto de la categoría Área de la Física se identificaron las siguientes modalidades:

Mecánica Clásica; Mecánica Cuántica; Electricidad y Magnetismo; Termodinámica; Óptica Física y Física General (en esta última modalidad se incluyen temas de Física básica que no se encuadran en las otras modalidades mencionadas).

En la Tabla I se indican las frecuencias absoluta y porcentual de las modalidades detectadas.

**TABLA I.** Frecuencias absoluta y porcentual de las modalidades asociadas a Área de la Física.

Área de la Física	
Modalidad	Frecuencia absoluta (y porcentual)
Mecánica Clásica	45 (73%)
Termodinámica	6 (10%)
Electricidad y Magnetismo	3 (5%)
Óptica Física	3 (5%)
Física General	3 (5%)
Mecánica Cuántica	1 (2%)

Se observa (Tabla I) que la mayoría de las propuestas se encuadran en el área de la Física correspondiente a Mecánica Clásica (73%), lo cual podría ser consecuencia de que se trata de un tópico que generalmente se aborda en los cursos básicos de Física.

En la categoría Lineamientos teóricos se registraron tres modalidades:

- Perspectiva constructivista/cognitiva. Se incluyeron las propuestas didácticas que hacen referencia a consideraciones teóricas que contemplan, en algunos casos, ideas que devienen del paradigma cognitivo y, concepciones concernientes al enfoque constructivista, en otros. Como ejemplo, se transcribe un fragmento de una de las propuestas didácticas: “En los cursos de Mecánica a nivel universitario se recomienda... la introducción de nuevas representaciones gráficas y simbólicas de los fenómenos físicos para ayudar a los estudiantes en el desarrollo de... las habilidades de razonamiento científico y experimental, las habilidades en la creación por computación, para la modelación, el análisis y la solución de sistemas dinámicos” [57].

Cabe aclarar que en muchos artículos no pudo identificarse tan expresamente la adhesión de los autores a esta línea teórica de aprendizaje. En algunos casos, fueron las referencias bibliográficas las que dieron cuenta de un determinado encuadre teórico. En otros casos, lo que permitió clasificar al artículo en esta modalidad fue el abordaje metodológico general de la propuesta y/o el uso de cierta terminología.

- Aprendizaje basado en proyectos/resolución de problemas. Se consideraron en esta modalidad las propuestas que se sustentan en modelos teóricos basados en problemas-proyecto o centrados en la resolución de problemas los cuales son seleccionados o diseñados para lograr el aprendizaje de ciertos objetivos de conocimiento. Ejemplo: “En lo que respecta... al aprendizaje basado en proyectos se muestra nuevamente que este tipo de estrategia es fructífera para la enseñanza y el aprendizaje de la física en estudiantes de ingeniería. La estrategia empleada permite que el estudiante consulte, indague, construya, dimensione y solucione una problemática planteada” [44].

- No se identifica. No fue posible inferir la base teórica que subyace en el marco de la propuesta.

**TABLA II.** Frecuencias absoluta y porcentual de las modalidades asociadas a Lineamientos teóricos.

<i>Lineamientos teóricos</i>	
<i>Modalidad</i>	<i>Frecuencia absoluta (y porcentual)</i>
Perspectiva constructivista /cognitiva	31 (51%)
No se identifica	21 (34%)
Aprendizaje basado en proyectos /resolución de problemas	9 (15%)

Como puede observarse en la Tabla II, el 51% de las propuestas analizadas tienen sustento en las perspectivas constructivistas/cognitivas en las que se considera relevante que los estudiantes operen activamente en la manipulación de la información, pensando y actuando sobre ella para revisarla, ampliarla y asimilarla [9]. Así como también la importancia de su implicación en los procesos de comprensión [14] y/o modelado de fenómenos [8].

El 15% de los artículos seleccionados hacen referencia a los modelos de aprendizaje basados en problemas-proyecto/resolución de problemas en los cuales es necesario definir y acotar el problema, formular hipótesis, elegir y usar modelos apropiados, hacer simplificaciones adecuadas e, incluso, negociar la solución con los pares [56]. En estos modelos, el conocimiento científico se construye a través del planteamiento de situaciones problemáticas de interés que los estudiantes resuelven a modo de una investigación dirigida por el profesor [11].

Con respecto a la categoría Recursos informáticos se detectaron las siguientes modalidades:

- Sistemas de adquisición de datos. Tiene en cuenta entornos de aprendizaje que incorporan sensores e interfases, para la toma de datos en tiempo real; y cámaras digitales de fotos y video cuyos datos son procesados posteriormente; todos estos dispositivos conectados a una computadora que, por medio de softwares, permiten a los estudiantes analizar y visualizar gráficos.
- Simulaciones. Incluye propuestas que utilizan herramientas basadas en un conjunto de instrucciones que son ejecutadas mediante una computadora para reproducir, explorar y manipular virtualmente situaciones basadas en la realidad.
- Programas (procesamiento y análisis de datos). Se consideraron propuestas cuyos ambientes de aprendizaje se basan en el uso de programas informáticos.

**TABLA III.** Frecuencias absoluta y porcentual de las modalidades asociadas a Recursos informáticos.

<i>Recursos informáticos</i>	
<i>Modalidad</i>	<i>Frecuencia absoluta (y porcentual)</i>
Programas (procesamiento y análisis de datos)	40 (65%)
Sistemas de adquisición de datos	28 (46%)
Simulaciones	7 (11%)

Se registró que 3 propuestas no utilizan recursos informáticos y 15 incorporan más de un recurso: simulación y programa en 2 artículos; simulación y adquisición de datos en 1; adquisición de datos y programa en 10; adquisición de datos, simulación y programa en 2.

Del análisis de la Tabla III se evidencia que predominan ambientes de aprendizaje basados en el uso de programas informáticos (Excel, Graphical Analysis, Origin, Matlab) para relacionar entre sí los lenguajes tabular, gráfico y algebraico. Se registró que en menor proporción se recurre a entornos que utilizan sistemas de adquisición de datos. Sólo en el 11% de las propuestas se recurre a las simulaciones. En 6 artículos se detectó el interés por el empleo del video digital los cuales se incluyeron en la modalidad Sistemas de adquisición de datos. Los autores de la propuesta codificada como [49] destacan que este recurso brinda la posibilidad de disponer de una técnica para estudiar fenómenos físicos que permite vincular de forma directa el lenguaje icónico con el lenguaje tabular y gráfico.

En la categoría Habilidades cognitivas asociadas a las RGC se identificaron aquellas a las cuales los autores hacen referencia tanto en forma explícita como tácita, resultando siete modalidades:

- Identificar. Supone reconocer las variables a representar en cada uno de los ejes coordenados. Por ejemplo: “Gráfica del Potencial de Lennard-Jones... El eje horizontal corresponde a la distancia entre dos moléculas en múltiplos de  $\sigma$  y el eje vertical corresponde a la energía potencial de interacción entre dos moléculas en múltiplos de  $\varepsilon$ ” [47].
- Establecer proporcionalidad. Consiste en determinar el factor de proporcionalidad (escala) entre la unidad de medida a lo largo del eje coordenado y el valor de la cantidad representada. Por ejemplo: “Las

calculadoras gráficas suelen mostrar gráficos... donde un marcador de movimiento a lo largo de las curvas muestra los valores de coordenadas, y esto permite obtener la escala de trazado" [15].

- Ajustar. Supone aproximar una función  $f(x)$  a un dado conjunto de datos experimentales  $(x_i, y_i)$ ,  $i=1...N$ . La función  $f(x)$  seleccionada tiene cierto número de coeficientes que podrían determinarse. Ejemplo: "La velocidad  $v_x$  se obtiene de la pendiente de la mejor recta de ajuste del gráfico de  $x(t)$ " [33].

- Interpretar. Implica atribuir un significado a la información emergente del procesamiento de los datos contenidos en las gráficas cartesianas, en función de una estructura conceptual disponible. Ejemplo: "...el comportamiento es muy diferente, pseudoplástico, ya que  $\eta = f(v)$  es una curva que va disminuyendo al aumentar la velocidad" [59].

- Modelar. Supone traducir una representación gráfica de datos experimentales obtenidos a partir de un fenómeno, en una formulación matemática y asignarle un significado físico. Ejemplo: "...quienes participan en esta actividad pueden... escribir su modelo físico-matemático (ecuación del movimiento uniforme de la bola), modificar los parámetros, etc." [20].

- Relacionar. Consiste en establecer correspondencias entre un modelo teórico y el sistema en estudio y entre dos o más gráficas. Así como establecer vínculos entre las variables de una gráfica cartesiana, y entre parámetros matemáticos y físicos. Por ejemplo: Los sistemas de adquisición de datos en tiempo real ayudan "...a los estudiantes a visualizar y entender la relación entre la teoría y el comportamiento observado (del sistema físico) de una manera fácil e intuitiva" [31]. "La pendiente de la recta que mejor se ajusta a los datos experimentales, es la inversa de la distancia de penetración de la onda" [16].

- Comparar. Consiste en contrastar los resultados obtenidos experimentalmente con los predichos por la teoría. También supone establecer las diferencias y semejanzas entre diferentes curvas en una misma gráfica. Ejemplos: "En las Figs. 6 y 7 se compara el movimiento de la barra con el correspondiente modelo teórico para dos ángulos iniciales distintos" [22]. "Midiendo la fuerza de arrastre para distintas velocidades se obtendrán rectas de distintas pendientes. Otro grupo puede medir la fuerza de arrastre para una esfera fija, con fluidos de distinta viscosidad para distintas velocidades. Igualmente se obtendrán rectas de distintas pendientes" [59].

**TABLA IV.** Frecuencias absoluta y porcentual de las modalidades de Habilidades cognitivas asociadas a las RGC.

<i>Habilidades cognitivas asociadas a las RGC</i>	
<i>Modalidad</i>	<i>Frecuencia absoluta (y porcentual)</i>
Relacionar	48 (79%)
Interpretar	42 (69%)
Ajustar	40 (65%)
Modelar	36 (59%)
Comparar	36 (59%)
Identificar	8 (13%)
Establecer proporcionalidad	2 (3%)

Según la Tabla IV, en el planteo de las propuestas, la mayoría de los autores intenta potenciar las habilidades cognitivas relacionar (79%), interpretar (69%) y ajustar (65%) y más de la mitad (59%) las asociadas a modelar y comparar. En este sentido los autores de la propuesta codificada [42] explicitan: "Consideramos instructivo mostrar cómo se pueden obtener parámetros relevantes a partir de los resultados de un ajuste de datos". Otros autores señalan: "Después de obtenida la gráfica..., se procede a interpretar la tendencia de la curva registrada..., para encontrar la solución a la situación problemática planteada, como lo era establecer la relación:  $T = f(d)$ ." y "La metodología utilizada... ha permitido que sean los estudiantes los que... elaboren un modelo matemático (en primera instancia aproximado, entre las variables registradas) y que luego es discutido y analizado" [14]. Asimismo, coinciden en que no todos los estudiantes dimensionan la potencialidad del análisis gráfico dentro de un proceso experimental, en particular consideran que sería necesario "reforzar esta deficiencia con una asesoría continua hacia los estudiantes que presentan mayor dificultad para entender estos aspectos" [39].

Sólo en 8 (13%) de las propuestas revisadas se hace referencia a identificar y en 2 (3%) a establecer proporcionalidad lo cual denotaría que se considera que los estudiantes ya manejan estas habilidades asociadas al reconocimiento de las variables a representar en los ejes cartesianos y a la determinación de la escala sobre cada eje, respectivamente. O bien que, en el caso particular de la selección de la escala, no es necesario explicitarlo dado que los programas informáticos de procesamiento y análisis de datos determinan los valores de escala. Sin embargo, no se debería desatender que en muchos casos es preciso personalizar la escala para adaptarla a las demandas de la tarea.

#### IV. CONSIDERACIONES FINALES

A fin de valorar los resultados, las consideraciones finales se organizan en función de las preguntas enunciadas anteriormente en el marco del presente estudio. La primera de tales preguntas se refiere a la situación relativa de las RGC dentro de cada propuesta didáctica. Se puede inferir, a partir de las referencias explícitas de los autores, que las RGC constituyen un recurso comunicativo relevante para el estudio de los fenómenos físicos: “*Queremos destacar que todo este proceso de análisis es útil para lograr que los alumnos vayan adaptándose paulatinamente a... pasar del planteo del problema físico al cálculo algebraico; a partir del cálculo continuar con el análisis gráfico mediante el uso de una planilla; y del análisis gráfico empezar a diseñar el experimento mientras se evalúan por anticipado las implicaciones más salientes de la actividad experimental...*” [42]. “*Se presentó un método sencillo para que los estudiantes mediante un análisis de gráficas de tiempo y posición puedan determinar cuándo se ha alcanzado la velocidad terminal de una esfera descendiendo en un fluido.*” [34].

En relación a las habilidades cognitivas asociadas a la construcción y tratamiento de las RGC, se identificó que en más de la mitad de las propuestas didácticas los autores hacen referencia a: relacionar, interpretar, ajustar, modelar y comparar, habilidades fundamentales para el dominio de la información teórica/conceptual (Núñez, Banet Hernández y Cordón Aranda, 2009). En el caso particular de las habilidades identificar y establecer proporcionalidad los resultados sugieren que no se estarían considerando las dificultades que, según Núñez y colaboradores (2009), presentan los estudiantes y que están asociadas tanto a la identificación de las variables a representar en los ejes cartesianos como a la determinación de la escala.

Finalmente, respecto a la integración de las tecnologías digitales en las propuestas didácticas analizadas se evidenció un uso generalizado de las herramientas informáticas (programas de procesamiento y análisis de datos, sistemas de adquisición de datos, simulaciones y video); sólo en tres artículos no se utilizan estas herramientas. Si, en particular, se atiende a los entornos que utilizan sistemas de adquisición de datos que recogen información en tiempo real (sin tener en cuenta los entornos que incorporan video digital) se observa que el número de propuestas disminuye a 26 (36%) lo cual estaría confirmando lo expresado por Lope y colaboradores (2009) respecto a que, en general, los estudiantes están poco habituados a leer e interpretar gráficas cartesianas de datos experimentales obtenidos en tiempo real.

Es nuestra intención, continuar y profundizar la búsqueda y revisión de propuestas didácticas a otras revistas especializadas a fin de fortalecer los fundamentos teóricos y metodológicos delineados en nuestro proyecto relacionado con la elaboración, tratamiento e interpretación de gráficas cartesianas de datos experimentales obtenidos en tiempo real.

## REFERENCIAS

- García, J.J. y Cervantes, A. (2004). Las representaciones gráficas cartesianas en los libros de texto de ciencias. *Alambique*, 41, pp. 99-109.
- Kong, S.C. (2008). The development of a cognitive tool for teaching and learning fractions in the mathematics classroom: A design-based study. *Computers & Education*, 51(2), pp. 886-899.
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), pp. 205-226.
- Lope, S., Domenèch, M. y Guitart, J. (2009). Hacia la adquisición de competencias con actividades MBL. *Enseñanza de la Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, pp. 1122-1128.
- Núñez, F., Banet Hernández, E. y Cordón Aranda, R. (2009). Capacidades del alumnado de educación secundaria obligatoria para la elaboración e interpretación de gráficas. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(3), pp. 447-462.
- Postigo, Y. y Pozo, J. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, pp. 89-110.
- Sassi, E., Monroy, G. & Testa, I. (2005). Teacher training about real-time approaches: Research-based guidelines and training materials. *Science Education*, 89 (1), pp. 28-37.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13(2), pp. 141-156.

Testa, I., Monroy, G. & Sassi, E. (2002). Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs. *International Journal of Science Education*, 24, pp. 235-256.

## ANEXO

Nro. Orden	Título	Autor/es	Año-Vol (Nro.)
1	Solución de la ecuación diferencial parcial de una membrana vibrante mediante Maple y MatLab	Melgarejo, M.; Gonzales, F.; Ramírez-Martín, C.	2013 - V7 (4)
2	Experiments with Polygonal and Polyhedral	Beltrán, R.; Gómez, F.; Franco, R.; Rodríguez, J.; Fajardo, F.	2013 - V7 (4)
3	Simulaciones virtuales como complemento de las clases y los laboratorios de Física. Ejemplos en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica	Bonnin-Garcés, A.; Fariñas-Piña, B.; Rodríguez Llerena, A.; Llovera-González, J.J.	2013 - V7 (4)
4	Articulación en la enseñanza en carreras de ingeniería: el movimiento armónico simple y las ecuaciones diferenciales de segundo orden lineal	Costa, V.; Torroba, P.; Devece, E.	2013 - V7 (3)
5	Construcción y calibración de un termómetro de alcohol para fines educativos	Martínez, E.; Cáceres, J.; Lozada, A.; Hidalgo, D.	2013 - V7 (3)
6	Prototipo didáctico para visualizar la trayectoria parabólica de un chorro de agua	Castro-A., L.; Campos-García, J. C.; Manzanares Martínez, B.; Gomez-A, O.; Figueroa-N, C.	2013 - V7 (3)
7	Velocidades: media, promedio e instantánea en el movimiento uniforme acelerado, algunos comentarios pedagógicos	Talero, P.; Organista, O.; Barbosa, L.; Mora, C.	2013 - V7 (3)
8	Enseñanza de los conceptos relativos al movimiento rotacional mediante videos del fenómeno y medidas en tiempo real	Ferreira B., J.; Andrés Z., M.	2013 - V7 (3)
9	Teaching basic physics through excel spread sheets	Subramaniyan, A.	2013 - V7 (3)
10	Propiedades de um acelerômetro eletrônico e possibilidades de uso no ensino de mecânica	Giacosa, N.; Giorgi, M.; Maidan, J.	2013 - V7 (1)
11	Un modelo para la distribución de semáforos en una calle como problema integrador en los cursos introductorios de las carreras de Ingeniería	Barkovich, M.; Carreño, A.	2013 - V7 (1)
12	Uso y creación de simulaciones en la formación del profesorado: Unidad didáctica sobre el movimiento oscilatorio armónico	Raviolo, A.; Alvarez, M.	2012 - V6 (4)
13	Clasificación del movimiento de una partícula en mecánica clásica no relativista	Díaz-Solórzano, S.; González-Díaz, L.; Buitrago, C.	2012 - V6 (3)
14	Laboratorios didácticos de física (LDF) como herramienta para la enseñanza de las oscilaciones de un cuerpo rígido para estudiantes de Ingeniería	Hurtado, A; Suárez, O.	2012 - V6 (3)
15	Comparison between gravitational and inertial mass: Two experiments with Real Time Laboratory	Torzo, G.; Pecori, B.	2012 - V6 (2)
16	Acondicionamiento térmico de aire usando energía geotérmica-ondas de calor	Iannelli, L.; Gil, S.	2012 - V6 (1)
17	Uso de técnicas digitales para el estudio del movimiento de cuerpos rígidos	Nuñez, P.; Olivieri, N.; Llera, M.; Rodríguez, E.	2012 - V6 (1)
18	Enseñanza del método de analogía por medio de experimentos	Batista Rodríguez, A.; Desdín García, L.	2011 - V5 (3)
19	Medida de Tensión Superficial Mediante una Jeringuilla y una Cámara de Alta Velocidad	Boutinguiza, M.; Lusquiños, F.; Comesaña, R.	2011 - V5 (3)
20	Siete cuestiones para divulgar y comprender aspectos de la caída libre	Alonso Sánchez, M.	2011 - V5 (3)
21	Periodic movement of subject's legs to investigate force-position, force-velocity and force-acceleration relationships: Real time experiment using data logge	Amrani, D.; Hénault, A.	2011 - V5 (2)
22	Experimentos con objetos que caen con aceleración mayor que g	Calderón, S.; Gil, S.	2011 - V5 (2)
23	Corrección de la distribución de intensidades de la imagen del patrón de difracción de un láser obtenida con una cámara digita	Cleva, M.; Sampallo, G., González Thomas, A.; Acosta, C.	2011 - V5 (2)
24	Experimentos virtuales sobre el movimiento planetario	Santana, F.; Talero, P.	2011 - V5 (2)

25	An alternative tool to explain Hooke's Law and the principle of Dynamometer: The rubber band	Gül Ünal Çoban; Serap Kaya Şengören; Seda Korkubilmez	2011 - V5 (1)
26	Evaluación de tres montajes experimentales para la práctica de laboratorio "Momento de inercia de un cuerpo rígido"	Hernández Fereira, A.; Hernández Gessa, A.	2011 - V5 (1)
27	Flujo de agua en botellas como experimento didáctico	Riveros Rotgé, H.; Oliva Arias, A.; Corona Hernández, J.	2011 - V5 (1)
28	La ley de Boyle, el análisis de dos experimentos	García Torres, C; Ruiz Chavarría, M.	2010 - V4 (4)
29	Freno Magnético	González y Hernández, A.; Mora, C.	2010 - V4 (4)
30	El cálculo de la fuerza resultante de un par de fuerzas sobre un punto fijo por los estudiantes de secundaria mediante técnicas colaborativas	Ramos Durán, S.; Sánchez-Guzmán, D.	2010 - V4 (4)
31	Use of Computer-Based Data Acquisition to Teach Physics Laboratories: Case study-Simple Harmonic Motion	Amrani, D.; Paradis, P.	2010 - V4 (3)
32	Desarrollo de competencias en un curso de Física para ingeniero	Martínez Alonso, G.; Monsiváis Pérez, A.	2010 - V4 (3)
33	Rodadura de una esfera sobre un plano inclinado. Mejoras al experimento desarrollado en el "plano de Packard	Olivieri, N.; Nuñez, P.; Rodríguez, E.	2010 - V4 (2)
34	Velocidad terminal de una esfera descendente y la viscosidad de fluidos: diferencia entre fluidos newtonianos y no newtoniano	Pérez Trejo, L.; Méndez Sánchez, A.; Iturbe Ponce; J.	2010 - V4 (2)
35	Physics of Karate. Kinematics analysis of karate techniques by a digital movie camer	Gianino, C.	2010 - V4 (1)
36	Aprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión	Agudelo, J.; García, G.	2010 - V4 (1)
37	Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Couette	Méndez-Sánchez, A.; Pérez-Trejo, L.; Paniagua Mercado, A.	2010 - V4 (1)
38	Búsqueda de orden y armonía en la naturaleza, descubriendo leyes de escala en el aula	Núñez, P.; Calderón, S.; Gil, S.	2010 - V4 (1)
39	Prototipo para la Enseñanza de la Dinámica Rotacional (Momento de Inercia y Teorema de Ejes Paralelos)	Collazos Morales, C.	2009 - V3 (3)
40	Experimentos con un sensor de efecto Hall	Atorino, J.; Bortolín, L.; Rodríguez, E.; Farías, R.; Rodríguez, E.	2009 - V3 (3)
41	The physics of the spectacular flight of the Triplaris samaras	Ladera, C.; Pineda, P.	2009 - V3 (3)
42	Generación de experimentos a partir de problemas tradicionales	Rodríguez, E.; Nuñez, P.; Véliz, M.	2009 - V3 (3)
43	Malus's law of light polarization using a Computer-Based Laboratory	Amrani, D.; Paradis, P.	2009 - V3 (2)
44	Prototipo para la Enseñanza de la Dinámica Rotacional (Conservación del Momento Angular)	Collazos Morales, C.	2009 - V3 (2)
45	Medición de la excentricidad de la órbita terrestre	Pavioni, O.; Ortega, F.	2009 - V3 (2)
46	The real pendulum: theory, simulation, experiment	Torzo, G.; Peranzoni, P.	2009 - V3 (2)
47	Segundo Coeficiente Virial para el Helio... ¿La teoría es diferente de la práctica?	Albarrán-Zavala, E.	2009 - V3 (1)
48	Experiment showing the motion of a falling object and the influence of air drag	Bergeler, E.	2009 - V3 (1)
49	La cámara digital como instrumento de laboratorio: estudio del tiro oblicuo	Calderón, S.; Núñez, P.; Gil, S.	2009 - V3 (1)
50	Estudio cinemático del movimiento de cuerpos que ruedan por un plano inclinado	Calderón, S.; Núñez, P.; Gil, S.	2009 - V3 (1)
51	Midiendo velocidades supersónicas utilizando Youtube	Núñez, P.; Calderón, S.; Gil, S.	2009 - V3 (1)
52	La aceleración en el espacio y en el tiempo: cinemática de los arrancones	Corona Cruz, A.	2008 - V2 (3)
53	Cuando la tostada resbala de la mano	Corona Cruz, A.; Martínez Peña, G.	2008 - V2 (3)
54	Conductividad térmica de una barra de cobre. Estudio experimental del transitorio	Ibáñez, J.; Abellán, F.; Valerdi, R.; García Gamuz, J.	2008 - V2 (3)
55	Implementación del software DivYX en el laboratorio de Mecánica	Pérez-Trejo, L.; Méndez Sánchez, A.; González Flores, H.	2008 - V2 (3)
56	La multimedia y la hipermedia en el estudio del movimiento browniano	Valdés Castro, R.; Tricio Gómez, V.; Valdés Castro, P.	2008 - V2 (3)
57	Comparación de métodos analíticos y numéricos para la solución del lanzamiento vertical de una bola en el aire	González y Hernández, A.	2008 - V2 (2)
58	Reactance of a Parallel RLC Circuit	Ma, L.; Honan, T.; Zhao, Q.	2008 - V2 (2)

59	La balanza electrónica: la opción más rentable para realizar distintas prácticas de laboratorio de física de fluidos	Delegido, J.; Dolz, M.; Hernández, M.; Casanovas, A.	2008 - V2 (1)
60	Estrategia EE (Excel-Euler) en la enseñanza de la Física	Buzzo Garrao, R.	2007 - V1 (1)
61	Periodic motions: How their period changes with amplitude of the oscillations and the friction?	Riveros, H.; Cabrera Bravo, E.	2007 - V1 (1)