

# Estudio de movimientos en tiempo real. Dificultades de aprendizaje en dos diseños didácticos diferentes



**Yanitelli, Marta<sup>1</sup>; Concari, Sonia Beatriz<sup>2</sup>; Scancich, Miriam<sup>1</sup>;  
Pérez Sottile, Ricardo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,  
Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, C.P. 2000, Rosario, Argentina.*

<sup>2</sup>*Departamento de Ciencias Básicas, Facultad Regional Rosario,  
Universidad Tecnológica Nacional, E. Zeballos 1341, C.P. 2000, Rosario, Argentina.*

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

(Recibido el 3 de Febrero de 2014, aceptado el 25 de Agosto de 2014)

## Resumen

En los últimos años se han ido configurando nuevos escenarios para la experimentación en la enseñanza de las ciencias en los cursos básicos universitarios de física, a partir de la incorporación de diferentes tecnologías digitales. La presente investigación estuvo orientada a detectar posibles correspondencias entre las dificultades que evidencian los estudiantes en el tratamiento de gráficas de variables cinemáticas, correspondientes a dos diseños didácticos que utilizan, uno de ellos, un sistema de adquisición de datos en tiempo real y el otro, una cámara digital. Los resultados obtenidos sugieren que tales dificultades no dependerían del recurso informático utilizado sino que estarían asociadas con la brecha que existe entre las características concretas del fenómeno en estudio y las variables abstractas asociadas a la descripción física del movimiento y su modelado.

**Palabras clave:** Tecnologías digitales, dificultades de aprendizaje, gráficas de variables cinemáticas.

## Abstract

New scenes have been formed for the experimentation in science teaching, particularly in university physics courses, with the incorporation of different digital technologies in education. The present research was designed to detect possible correspondences in difficulties that students show in processing kinematic variables graphically according to two instructional designs with digital technologies. One of them has used a data acquisition system in real time and the other a digital camera. The results suggest that such difficulties would do not depend on the computing resource used but they would be associated with the gap between the specific characteristics of the phenomenon under study and the abstract variables associated with physical description and modeling motion.

**Keywords:** Digital technologies, learning difficulties, graph kinematic variables.

**PACS:** 01.40.Fk, 01.50.Lc, 45.40.Aa

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Los cambios y demandas sociales impuestos por la denominada Sociedad del Conocimiento exigen que las instituciones educativas se adecuen a ellos, introduciendo las actuales tecnologías de la información y la comunicación (TIC), ya que será en este contexto en el que los individuos se relacionarán, aprenderán y desarrollarán profesionalmente. En particular, las instituciones destinadas a la formación de ingenieros deben acompañar este proceso de cambio cultural incorporando las tecnologías digitales en sus ámbitos de actividad institucional a través de planteamientos pedagógicos que contemplen la adquisición y renovación permanente de nuevas capacidades y competencias.

Así, en los últimos años se han ido configurando nuevos escenarios para la experimentación en la enseñanza de las Ciencias en los cursos básicos universitarios a partir de la incorporación de las diferentes tecnologías digitales. De acuerdo con el tipo de que se trate y las formas de representación utilizadas, existe un nivel diferencial de habilidades intelectuales involucradas que contribuyen al crecimiento y transformación de los procesos de pensamiento. En particular, los sistemas de adquisición de datos en tiempo real y el video digital ofrecen interesantes posibilidades desde el punto de vista educativo.

En los cursos universitarios de física, las tecnologías empleadas están principalmente vinculadas al trabajo experimental, y en el primer curso, a temas de mecánica.

La representación gráfica de variables cinemáticas, entre otras, es una actividad de aprendizaje generalmente

presente en los experimentos de mecánica, pues constituye un medio para construir conocimiento de conceptos y procedimientos científicos inherentes a la disciplina.

En este trabajo, se presentan resultados de un meta-análisis realizado sobre los resultados informados de dos experiencias didácticas llevadas a cabo en sendos cursos de física con estudiantes de ingeniería, en dos universidades públicas de Argentina.

## II. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES SOBRE EL TEMA

Numerosas investigaciones asociadas a la introducción de los sistemas de adquisición de datos en las prácticas de laboratorio han mostrado que este recurso brinda oportunidades para ayudar al estudiante a aprender significativamente construyendo su conocimiento [1, 2]; favorecer la capacidad de razonar y comprender conceptos científicos [3]; introducir modificaciones en variables relevantes para la aplicación de un dado modelo teórico y establecer criterios de ajuste [4] y contribuir a cambiar algunas ideas previas erróneas muy frecuentes y persistentes sobre el movimiento de un objeto por un plano inclinado y el movimiento oscilatorio de un cuerpo sujeto a un resorte [5]. Otras investigaciones han focalizado su interés en el desarrollo de habilidades para la interpretación de gráficas [6, 7].

En relación con las perspectivas que ofrece el video digital, algunos autores han planteando que el análisis de videos podría constituir una herramienta potencialmente útil para el aprendizaje de diversos temas, en especial, el movimiento de tiro oblicuo cuando los efectos de roce del aire pueden despreciarse y cuando son significativos [8], caída libre de objetos [9-11] y en experiencias de Mecánica [12, 13]. La inversión requerida no insume grandes costos; los programas informáticos de tratamiento de vídeo digital no solo permiten obtener datos numéricos de las filmaciones, también generan las gráficas correspondientes; las actividades resultan motivadoras para los estudiantes y los resultados experimentales son aceptables.

Un aspecto característico de ambos recursos es que permiten fortalecer las interrelaciones entre los diferentes tipos de lenguajes -icónico, verbal, tabular, gráfico y algebraico- utilizados para describir movimientos reales [14]. Sin embargo, diversas investigaciones [6, 7] dan cuenta de las distintas dificultades que tienen los estudiantes con el análisis e interpretación de gráficas de movimientos en tiempo real aduciendo que los estudiantes esperan tratar con gráficas matemáticas de funciones regulares y/o casos ideales de física e interpretan las "irregularidades" como indicador de errores de medición y/o signos de mal funcionamiento de los aparatos.

Estos resultados y los obtenidos en dos investigaciones [15, 16] que hemos realizado a partir de la implementación de dos diseños didácticos que incorporan, uno de ellos, un sistema de adquisición de datos en tiempo real y el otro, videos producidos por los propios estudiantes y procesados con programas computacionales de uso libre, nos motivaron

*Estudio de movimientos en tiempo real. Dificultades de aprendizaje...*

a continuar profundizando en las dificultades que evidencian los estudiantes en el tratamiento y la interpretación de gráficas de variables cinemáticas.

Los referentes teóricos que orientaron el presente estudio se organizaron con aportes provenientes del paradigma cognitivo actual, en particular, la teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel. Cuando un nuevo conocimiento es aprendido por un proceso de interacción con conceptos o proposiciones previas que posee el sujeto, éstos también se modifican. La presencia sucesiva de este hecho produce una elaboración adicional jerárquica de los conceptos y proposiciones, dando lugar a una diferenciación progresiva [17]. A medida que las nuevas informaciones son adquiridas, los elementos ya existentes en la estructura cognitiva pueden ser precisados, relacionados y, como consecuencia, reorganizados alcanzando un significado nuevo. Esta recombinación de los elementos deviene en una reconciliación integradora.

Todo aprendizaje producido por reconciliación integradora también dará lugar a una mayor diferenciación de los conceptos o proposiciones existentes [17]. La diferenciación progresiva y la reconciliación integradora son procesos dinámicos que ocurren durante el aprendizaje significativo de conceptos, principios y leyes de la Física.

La incorporación de los medios digitales en las actividades experimentales de física no garantiza un aprendizaje comprensivo y significativo, su uso demanda diseños didácticos específicos que potencien una interacción activa de los estudiantes con el equipo experimental y pongan en acción su capacidad de conceptualización y simbolización de los fenómenos reales.

En particular, han de promover procesos reflexivos durante el análisis y la interpretación de las gráficas obtenidas con los recursos informáticos. Por ello consideramos que el desarrollo de la presente investigación orientada a detectar posibles correspondencias entre las dificultades que evidencian los estudiantes en el tratamiento de gráficas de variables cinemáticas correspondientes a dos diseños didácticos que utilizan tecnologías digitales diferentes puede aportar insumos para delinear estrategias que acompañen al estudiante en el pasaje por los diferentes niveles de abstracción requeridos para una comprensión genuina de los fenómenos físicos.

## III. LAS INVESTIGACIONES QUE SE CONSTITUYERON EN OBJETO DE ESTUDIO

Las investigaciones se llevaron a cabo en dos cursos de física I del ciclo básico de carreras de Ingeniería; uno de ellos, de la Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario (UNR) y el otro, de la Facultad Regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), ambas instituciones de Argentina.

Los diseños didácticos aplicados en ambos cursos, contemplan un conjunto de actividades que orienta el trabajo de los estudiantes, en el estudio cualitativo de la situación problemática planteada y los posiciona en relación

Yanitelli, Marta et al.

con el marco teórico específico. Tales diseños, promueven el desarrollo de acciones en forma grupal. Como resultado de lo actuado, los estudiantes elaboran una memoria escrita que incluye los resultados obtenidos, el análisis crítico e interpretación de los mismos, el enunciado de conclusiones y posibles implicancias.

### A. Investigación sobre la introducción de un sistema de adquisición de datos como recurso didáctico

Para el desarrollo de la investigación de Yanitelli, Massa y Scanchich [15] se seleccionó una práctica de laboratorio orientada al estudio del primer principio de Newton a partir del movimiento de un planeador que flota sobre un colchón de aire, eliminándose el contacto entre superficies, Figura 1.

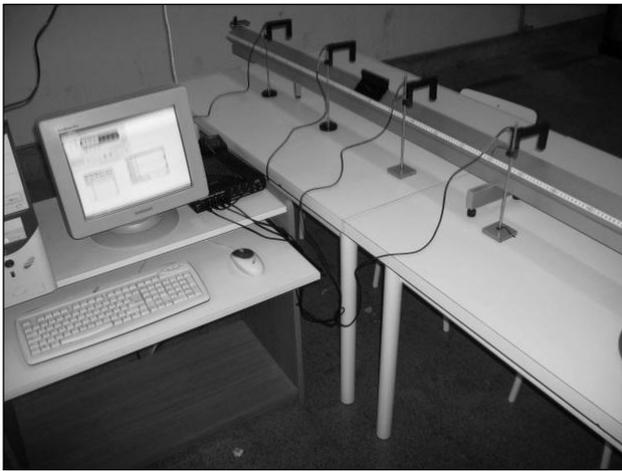


FIGURA 1. Dispositivo experimental.

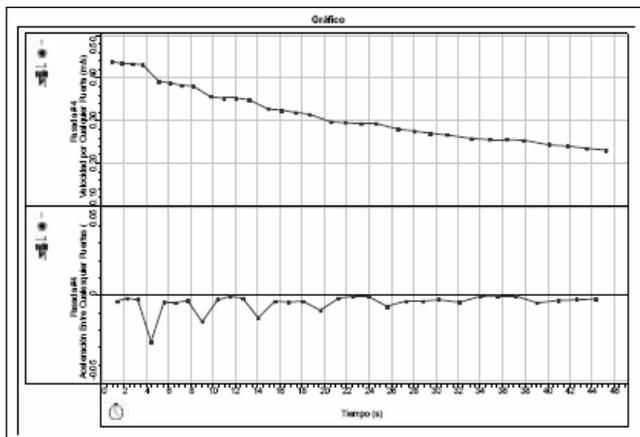


FIGURA 2. Módulo de la velocidad y componente de la aceleración en función del tiempo, gráficas superior e inferior respectivamente.

En la Figura 2 se muestran las gráficas del módulo de velocidad y la componente de la aceleración en función del tiempo, donde se registran distintas situaciones referidas al

movimiento del planeador. Los picos pronunciados que se destacan en la gráfica  $a=a(t)$  no tienen significado físico, sino que son resultado de un algoritmo de cálculo.

En la transformación de los datos se apeló a un análisis cualitativo integral y se definió, a priori, el siguiente conjunto de categorías asociadas a las cuestiones propuestas en la guía:

*Diferenciación de velocidades.* Atiende a la interpretación de las condiciones experimentales sobre el límite implicado en la definición de velocidad instantánea.

Se definieron las modalidades: Referencia sólo al concepto de velocidad media; Aproximación a velocidad instantánea; Referencia sólo a velocidad instantánea, sin especificar definiciones cinemáticas.

*Tipificación del movimiento.* Hace referencia a los supuestos explicitados sobre la caracterización del movimiento del planeador. Se tienen en cuenta, además, las consideraciones acerca del impacto del planeador en los extremos de la pista. Se adoptaron cinco modalidades: Afirmación MRU; Tendencia MRU; Contradicción entre MRU y MRUV; Impacto en términos de MRUV; Impacto sin identificar tipo de movimiento.

*Interpretación de gráfica en tiempo real.* Se establecieron las siguientes subcategorías: Lectura  $\Delta t$ . Atiende a la identificación y cálculo del intervalo de tiempo en los diferentes momentos del recorrido del planeador: tramo comprendido por los cuatro sensores y el tramo correspondiente al choque contra la banda elástica. Se tuvieron en cuenta las modalidades: Lectura correcta de los intervalos de tiempo; Lectura incorrecta de los intervalos de tiempo; Sin lectura. Gráfica de  $v=v(t)$ . Hace referencia a la diferenciación de los valores representados en la gráfica de la velocidad del planeador en función del tiempo transcurrido. Se incluyeron tres modalidades: Interpretación física de la gráfica en los tramos rectos; interpretación física de la gráfica en los extremos; sin interpretación. Gráfica  $a=a(t)$ . Se refiere al significado otorgado a la aceleración en los diferentes tramos del recorrido del planeador. Se adoptaron las modalidades: Interpretación física correcta de la gráfica en los tramos rectos; interpretación física incorrecta de la gráfica en los extremos; sin interpretación.

*Representación de fuerzas.* Considera los elementos incorporados en la construcción del diagrama de cuerpo aislado del planeador en movimiento a lo largo de la pista de aire. Se establecieron las modalidades: Diferenciación de las interacciones en los tramos rectos y en la colisión con la banda elástica en los extremos; Diferenciación de fuerzas actuantes sobre el planeador sólo en el tramo recto.

La asociación de modalidades a cada categoría de análisis, detectadas en las producciones escritas de los estudiantes, permitió identificar tres niveles de conceptualización.

*Conceptualización significativa (36%).* Todos los grupos interpretaron la gráfica  $v=v(t)$  apelando a conceptos físicos y elementos de la matemática, denotando que los estudiantes asociaron el movimiento real con las características ideales del fenómeno. Sin embargo, se observó que no lograron interpretar la gráfica  $a=a(t)$ . Algunos grupos otorgaron significado físico a los valores

de los picos pronunciados de la gráfica interpretando la aceleración en ese tramo como la pendiente de la curva  $v=v(t)$ , sin comprender que éstos sólo derivan de un algoritmo de cálculo. En la interpretación de  $a=a(t)$  correspondiente al movimiento del planeador en los tramos rectos de la pista, algunos grupos elaboraron una explicación sustentada en la definición de aceleración media sin tener en cuenta la inversión del movimiento.

Algunos grupos justificaron las distintas pendientes observadas en la gráfica de  $v=v(t)$  durante el recorrido del planeador sobre la pista, desde un punto de vista dinámico.

*Conceptualización sesgada* (43%). El análisis de las gráficas  $v=v(t)$  y  $a=a(t)$  está sesgado por términos físicos y/o matemáticos utilizados en forma imprecisa. En particular, el estudio de la gráfica  $v=v(t)$  está sesgado por argumentos de tipo icónico debido a que el análisis se realizó permanentemente vinculado con las pendientes de los segmentos, sin considerar el significado físico de las mismas. No consiguieron elaborar relaciones fundamentadas entre los conceptos físicos y los elementos de las gráficas.

*Conceptualización reducida* (21%). La indicación incorrecta de los signos asociados a las variables cinemáticas y las explicaciones ambiguas basadas en algunos conceptos y elementos matemáticos evidencian un tratamiento limitado de las gráficas  $v=v(t)$  y  $a=a(t)$ . La confusión conceptual evidenciada denota que estos estudiantes no han asimilado información relevante para vincular las gráficas con el movimiento real del sistema en estudio.

## B. Investigación sobre la incorporación del video digital como recurso didáctico

La investigación de Concari y Pérez Sottile [16] se efectuó sobre una práctica de laboratorio diseñada para integrar conocimientos y transferirlos a la resolución de un problema, al finalizar el desarrollo del tema movimiento en una y dos dimensiones. La actividad consistió en el registro en video de movimientos de diversos objetos procesados con un programa computacional que permitió el análisis de los fotogramas, la construcción de gráficas de variables cinemáticas y los correspondientes ajustes.

Las variables de interés, los valores asignados y los criterios de evaluación de las mismas, empleadas en la investigación para analizar la producción de los estudiantes fueron:

*Registro del video.* Evalúa el resultado del registro. Los valores que adopta esta variable son: No lo hace; mal, corresponde a videos con deficiencias importantes; regular, corresponde a videos con algunos errores menores, que no impiden su procesamiento; bien, valor asignado a un video que reúne las condiciones de calidad fotográfica y operativa.

*Descripción.* Evalúa el grado de descripción que el estudiante hace del evento preparado o natural. Los valores de esta variable son: Lat. Am. J. Phys. Educ. **8**, No. 1, March 2014, corresponde a descripciones incompletas del

*Estudio de movimientos en tiempo real. Dificultades de aprendizaje...* objeto y/o de la situación; Bien, valor asignado a descripciones del objeto y de la situación registrada que permiten identificarlos aún sin ver el video.

*Representación gráfica.* Tiene en cuenta la inclusión de gráficos de posición vs. tiempo y los de velocidad vs. tiempo para cada una de las dimensiones que correspondiesen. Los valores de esta variable son: no lo hace; mal; regular corresponde a gráficas incompletas; bien, corresponde a gráficas  $x=x(t)$ ,  $y=y(t)$ ,  $v_x=v_x(t)$  y  $v_y=v_y(t)$  del objeto, que permiten analizar su movimiento.

*Ajustes.* Considera la realización de ajustes de los puntos de las gráficas. Los valores que adopta esta variable son: no lo hace; mal; regular, corresponde a ajustes gráficos que no incluyen la expresión matemática correspondiente, y/o los parámetros de dicha ecuación; bien, ajustes gráfico y analítico que incluyen los parámetros de las ecuaciones matemáticas correspondientes.

*Análisis.* Evalúa el análisis de los ajustes realizados. Los valores que adopta son: no lo hace; mal; regular, corresponde a análisis incompletos; bien, análisis de los ajustes incluyendo el significado de los parámetros de las ecuaciones matemáticas correspondientes.

*Interpretación de los resultados obtenidos.* Considera la presentación de discusiones sobre las gráficas y ajustes realizados, y su vinculación con el movimiento estudiado.

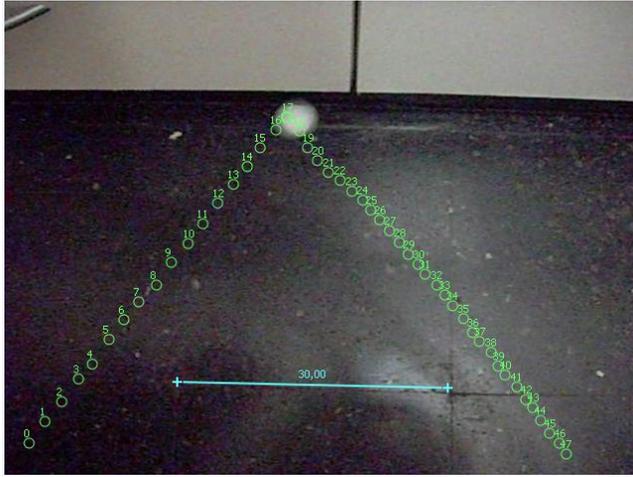
Interesa evaluar la correspondencia entre la representación gráfica, la representación matemática y el movimiento real del objeto. Los valores que adopta esta variable son: no lo hace; mal; regular, corresponde a interpretaciones incompletas y confusas de los resultados; bien, discusiones que incorporan el significado de los parámetros obtenidos de los ajustes, identificación de la ecuación matemática como ley de movimiento, y las características del mismo.

Los resultados obtenidos mostraron que el 90% de los estudiantes hicieron algún tipo de ajuste, aunque aproximadamente el 70% (evaluados como Regular), lo hace incluyendo sólo el ajuste gráfico, sin presentar la expresión matemática correspondiente, y/o los parámetros de dicha ecuación. Los estudiantes que realizaron un ajuste, gráfico y analítico, incluyendo los parámetros de las ecuaciones matemáticas desarrollaron un análisis adecuado de tales ajustes.

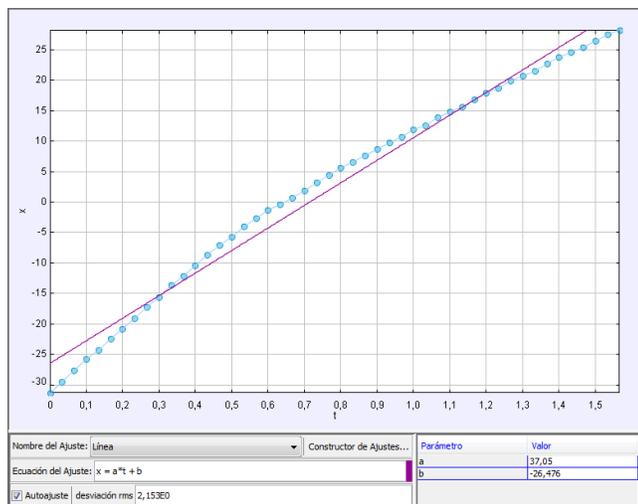
Los errores más significativos provienen de interpretar los valores arrojados por el programa, sin considerar las incertezas experimentales que derivan en puntos en las gráficas, que presentan dispersiones. Asimismo, se registraron ajustes con una única función lineal, de puntos que responden a dos movimientos diferentes como en el rebote de una pelota contra la pared, o no seleccionar adecuadamente la función matemática que mejor ajuste los puntos experimentales, Figura 3 y 4.

Es en la variable interpretación de los resultados obtenidos, donde se han detectado las mayores dificultades de los estudiantes. Un 60%, aproximadamente, elabora interpretaciones incompletas y poco precisas o no efectúa interpretación alguna. Finalmente, se observó que la mitad de los estudiantes presenta dificultades para comprender la correspondencia entre el movimiento real y las gráficas, y

entre las gráficas y las funciones matemáticas que la modelan.



**FIGURA 3.** Fotogramas de una pelota de golf rodando sobre el piso y rebotando en forma oblicua.



**FIGURA 4.** Selección inadecuada de una función lineal para ajustar los datos experimentales del movimiento.

### III. METODOLOGÍA

Se adoptó un enfoque cualitativo de carácter interpretativo, basado en un estudio comparativo entre las dos investigaciones que se describieron en el apartado anterior.

En particular, interesó trabajar en profundidad sobre las dificultades que evidenciaron los estudiantes en el tratamiento y la interpretación de gráficas de variables cinemáticas, sin hacer uso de parámetros estadísticos descriptivos.

Las memorias escritas elaboradas como resultado de las actividades experimentales realizadas se constituyeron en los instrumentos de recolección de datos. Se utilizó una técnica de análisis interpretativo textual [18]. La misma se

basó en la identificación de expresiones en el documento escrito por los estudiantes que pueden ser interpretadas en términos de representaciones activadas.

En el análisis de los datos cualitativos se utilizó el método de comparación constante propuesto por Glaser y Strauss [19]. Este método ha sido diseñado para contribuir a generar conocimiento que se corresponde estrechamente con los datos, ya que la comparación constante obliga a considerar la mayor diversidad de éstos. Por diversidad se entiende que cada incidente (observaciones, entrevistas, documentos) es comparado con otro incidente, en términos de la mayor cantidad de similitudes y diferencias como sea posible. Se parte del supuesto de que estas divergencias y semejanzas permiten obtener conocimientos claros, consistentes y plausibles del evento en estudio. Este método hace uso explícito de procedimientos de codificación y análisis con el propósito de establecer categorías teóricas que se conciben como analíticas y conceptuales. Las mismas engloban información diversa pero con cierta afinidad y denominador común.

El estudio comparativo se abordó a los efectos de detectar posibles correspondencias entre las dificultades que evidencian los estudiantes en el tratamiento de gráficas de variables cinemáticas correspondientes a diseños didácticos que utilizan recursos digitales diferentes.

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como consecuencia del reconocimiento de semejanzas que permitieron generalizar y de diferencias que viabilizaron el particularizar, se identificaron tres categorías de las dificultades que denotan los estudiantes al abordar el análisis de gráficas de movimientos en tiempo real obtenidas con tecnologías digitales diferentes. Las mismas dan cuenta de dificultades asociadas tanto al empleo de los distintos tipos de lenguaje involucrados en el estudio de movimientos desde un enfoque cinemático como con la modelización del sistema en estudio. En la Tabla I se presentan las categorías identificadas, su descripción, algunas dificultades representativas de cada una de ellas y el diseño didáctico en el que se evidenciaron. La simbología SAD y VD corresponde al diseño didáctico que incorpora un sistema de adquisición datos y video digital respectivamente.

Del análisis de la Tabla I se puede inferir que las dificultades correspondientes a cada una de las categorías presentan diferentes niveles de demanda cognitiva asociados a los distintos grados de abstracción requeridos para la comprensión y traducción a los diferentes tipos de lenguajes involucrados. A partir del evento, consistente en un movimiento real (natural o provocado), eminentemente visual y pictórico, se requiere que el estudiante construya, comprenda, interprete y analice gráficas que constituyen representaciones de dicho movimiento, en las que están involucrados sistemas de referencia, sistemas de coordenadas, escalas, datos experimentales y conceptos físicos. Finalmente, se requiere que el estudiante modele el movimiento a través de un proceso de selección de

funciones matemáticas que ajusten los puntos de las gráficas -lo cual demanda dominar el lenguaje simbólico de la matemática-, que interprete las mismas en el marco de las teorías de la disciplina -lenguaje específico de la física- y las vincule con el hecho real analizado.

En este sentido, la presencia de dificultades identificadas como genéricas derivó en que los estudiantes

*Estudio de movimientos en tiempo real. Dificultades de aprendizaje...*  
no lograron utilizar las herramientas de ajuste que permiten relacionar entre sí los lenguajes gráfico y algebraico al estudiar el movimiento real y, por lo tanto, algunos no pudieron avanzar en la interpretación del evento en estudio mientras que otros, elaboraron interpretaciones incompletas y confusas.

**TABLA I.** Descripción de las categorías, dificultades asociadas y diseño didáctico en el que se detectaron.

| Categoría   | Descripción   | Dificultades   | Diseño didáctico                           |
|-------------|---|--|--|
| Genéricas   | Asociadas a los ajustes gráficos que se corresponden con el trazado de una curva continua por los puntos registrados, obtenidos de datos experimentales, y a la especificación de la función analítica correspondiente a dicha curva. Estas dificultades están relacionadas con la lectura de la gráfica y el tratamiento matemático de los datos y gráficas obtenidas.   | Consignar la función analítica asociada a la curva que mejor ajusta los puntos experimentales.<br>Ajustar los puntos experimentales que responden a dos movimientos diferentes del sistema en estudio.   | VD<br>SAD-VD                               |
| Básicas     | Hacen referencia a la asignación de significado físico tanto a los valores representados en las gráficas posición-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo como a los parámetros de la función analítica, que proporciona el programa informático.<br>Estas dificultades están asociadas a la interrelación entre el lenguaje gráfico, el matemático y el disciplinar.   | Asignar significado físico a los parámetros de la función analítica.<br>Diferenciar los puntos de la gráfica que corresponden a dispersiones y a un algoritmo de cálculo no representativo del evento en estudio.<br>Relacionar dispersiones con la escala seleccionada.<br>Elaborar relaciones fundamentadas entre los conceptos físicos y las partes identificadas en las gráficas.<br>Inferir algunas características del movimiento del sistema en estudio.  | VD<br>SAD-VD<br>SAD-VD<br>SAD-VD<br>SAD-VD |
| Específicas | Están vinculadas a la interpretación de la información contenida en las gráficas en función de la estructura conceptual disponible, al establecimiento de relaciones con el sistema real que es objeto de estudio y a la diferenciación entre tendencia “ideal” y “real” en la evolución del comportamiento del sistema físico. Estas dificultades están ligadas con la modelización que implica traducir una situación del mundo real en una representación ideal, simplificada, del sistema en estudio. | Interpretar la función analítica de ajuste como ley de movimiento del sistema.<br>Comprender la correspondencia entre el movimiento real y su representación en las gráficas registradas.<br>Comprender la correspondencia entre las gráficas y el modelo matemático asociado.<br>Reconocer que la ley de movimiento hace referencia a los conceptos (entidades abstractas) relevantes para la caracterización del sistema en estudio.<br>Interrelacionar los resultados de las gráficas $v=v(t)$ y $a=a(t)$ . | VD<br>VD<br>SAD-VD<br>SAD-VD<br>SAD        |

Las dificultades denominadas básicas estarían denotando falencias en el dominio del lenguaje disciplinar, necesario para expresar correctamente la información que suministra tanto la función analítica derivada del ajuste gráfico de los puntos experimentales como las partes que han sido identificadas a partir del análisis de la estructura del gráfico y que dan cuenta de algunas características del movimiento del sistema. Como consecuencia de estas dificultades, a los estudiantes no les es posible avanzar más allá de

interpretaciones superficiales y en algunos casos ambiguas.

El análisis de las dificultades nombradas como específicas pone de manifiesto la ausencia de instancias de reconstrucción de significados que implica recuperar los conocimientos disponibles, relacionarlos con la estructura del gráfico para derivar en interpretaciones fundamentadas del movimiento en estudio y, finalmente, explicitar las propiedades relevantes y las relaciones lógico-matemáticas asociadas al modelo teórico.

Las dificultades detectadas en el marco de la presente investigación estarían asociadas con la brecha, indicada en línea de puntos en la Figura 5, que existe entre las características concretas del fenómeno en estudio y las variables abstractas asociadas a la descripción física del movimiento y su modelado. La evolución desde el nivel concreto al abstracto implica activar procesos de

interpretación, transformación, diferenciación e integración de la información contenida en la gráfica. Es decir, los estudiantes para lograr una comprensión genuina, que implica un aprendizaje significativo del movimiento de los cuerpos, tienen que superar un escalón importante que debería ser graduado desde la acción docente.



FIGURA 5. Esquema de evolución desde el nivel concreto al abstracto.

Desde esta perspectiva, los resultados obtenidos sugieren elementos para delinear estrategias que acompañen al estudiante en esta evolución. El planteo de acciones que contemplen desafíos crecientes en complejidad con una gradación “diferencial” posibilitaría el pasaje por diferentes niveles de abstracción requeridos para la modelización de los fenómenos físicos.

En las Figuras 6, 7 y 8, se presentan posibles acciones a realizar por los estudiantes, a fin de favorecer el tratamiento de *dificultades genéricas, básicas y específicas* y contribuir, de esta manera, a superar la brecha existente entre el nivel concreto y el simbólico-abstracto del fenómeno en estudio. En los esquemas elaborados se apeló a una estructura

escalonada con peldaños de pequeña altura para indicar un pasaje progresivo y gradual de una acción (consignada en la parte superior del escalón) a otra, de forma de propiciar que los estudiantes puedan alcanzar los niveles deseados de comprensión y de construcción de conocimientos superando las dificultades detectadas.

En lenguaje ausubeliano, la organización secuencial de acciones propuesta, tendiente a la superación de las dificultades identificadas, supone que una acción presentada previamente se constituye en soporte ideacional u organizador de la siguiente, de este modo, actúa como facilitador, justificando así la importancia de dicha organización.

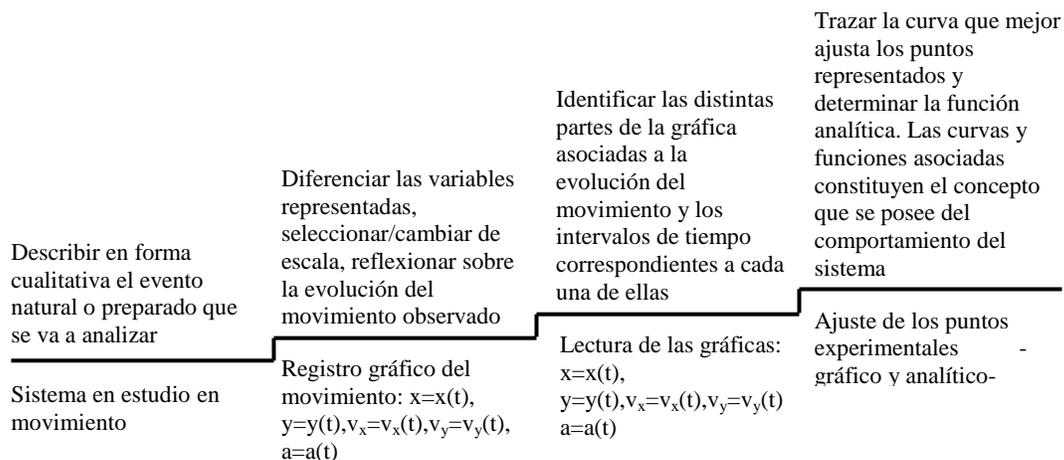


FIGURA 6. Esquema de acciones para favorecer el tratamiento de *dificultades genéricas*.

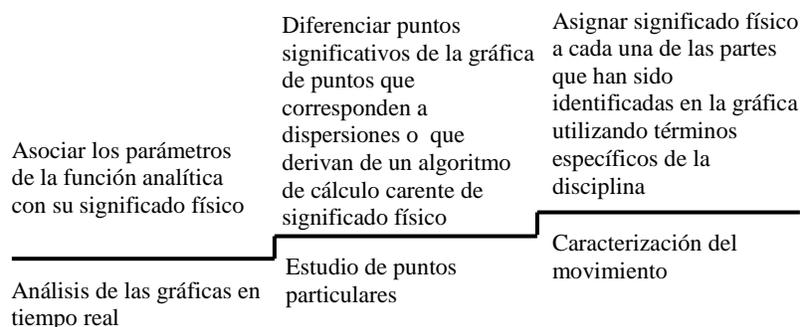


FIGURA 7. Esquema de acciones para favorecer el tratamiento de *dificultades básicas*.

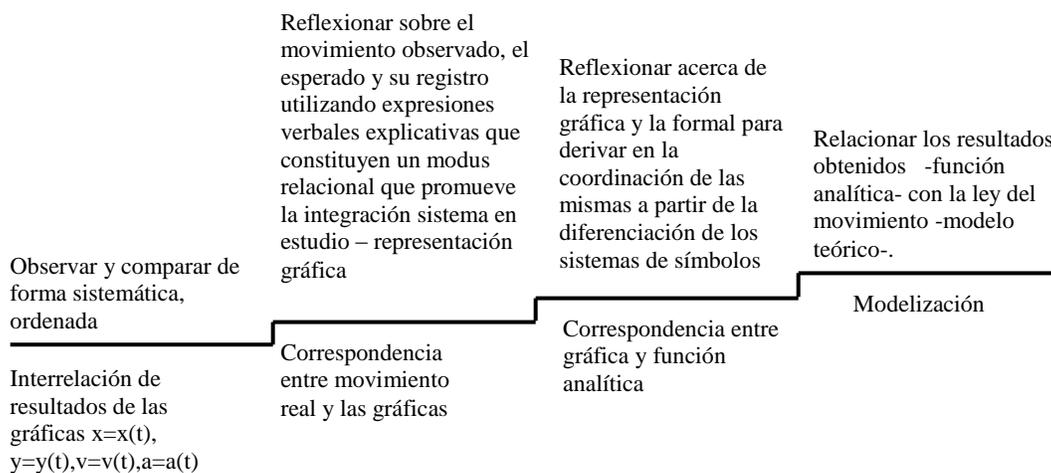


FIGURA 8. Esquema de acciones para favorecer el tratamiento de *dificultades específicas*.

## V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que las dificultades caracterizadas como genéricas, básicas y específicas no dependerían del recurso informático utilizado sino que estarían asociadas con la comprensión de los múltiples lenguajes que están involucrados en el estudio de una situación experimental en Física.

Si bien a los estudiantes les es más familiar el uso y apropiación de los recursos digitales, la interpretación de las gráficas y su modelado matemático, esencia de la descripción física del movimiento, les demanda internalizar información específica y por lo tanto un mayor esfuerzo cognitivo.

Es nuestra intención, continuar y profundizar en el estudio de las dificultades dado que consideramos que puede aportar elementos para fortalecer los fundamentos teóricos y metodológicos al delinear estrategias que contemplen una mayor incorporación, integración y aprovechamiento de las tecnologías en la formación de los estudiantes universitarios.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos: “Estrategias didácticas con integración de TIC para la enseñanza de la física en carreras de ingeniería” (UTN-25/MI01), “Influencia de las prácticas de laboratorio de física básica mediadas por un sistema informático en el desarrollo de representaciones y habilidades cognitivas de los estudiantes” (PID UNR/ING 328) y “Desarrollo de estrategias con integración de nuevos recursos didácticos para la educación en física y capacitación docente para su uso y autogestión” (SECTEI-2010-111-11).

## REFERENCIAS

- [1] Beltrán Llera, J., *Enseñar a aprender, Conferencia de Clausura*, Segundo Congreso de EDUCARED. (2003).
- [2] Newton, L., *Data-logging in the science classroom: approaches to innovation*, Second International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA) Research in Science Education: Past, Present, and Future. (2000).

- [3] Sáez, M., Pintó, R. y García, P., *Relaciones conceptuales en el uso de MBL para el estudio del movimiento*, Enseñanza de las Ciencias. VII Congreso. Número Extra. (2005).
- [4] Yanitelli, M., Massa, M. y Moreira, M., *The use of personal computers in the resolution of experimental situations. Proceedings GIREP 2008 International Conference*. Nicosia, Chipre. (2010).
- [5] Torres Climent, A. L., *Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación en Ciencias **7**, 693-707 (2010).
- [6] Sassi, E., Monroy, G. y Testa, I., *Teacher training about real-time approaches: Research-based guidelines and training materials*, Science Education **89**, 28-3 (2005).
- [7] Testa, I., Monroy, G. y Sassi, E., *Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs*. International Journal of Science Education **24**, 235-256 (2002).
- [8] Calderón, S., Núñez, P. y Gil, S., *La cámara digital como instrumento de laboratorio: estudio del tiro oblicuo*. Latin-American Journal of Physics Education **3**, (2009). [http://www.fisicarecreativa.com/papers\\_sg/papers\\_sgil/Docencia/camara\\_dig\\_2k9.pdf](http://www.fisicarecreativa.com/papers_sg/papers_sgil/Docencia/camara_dig_2k9.pdf). Consulta realizada el 12 de noviembre de 2010.
- [9] Pérez Millán, C., *Uso de una cámara digital para estudiar la caída de los cuerpos*, Uso de Nuevas Tecnologías en la Enseñanza de la Física, UNS - Bahía Blanca. (2008). [http://www.cienciaredcreativa.org/especiales/Informe\\_ceciliaPM2k9.pdf](http://www.cienciaredcreativa.org/especiales/Informe_ceciliaPM2k9.pdf). Consulta realizada el 12 de noviembre de 2010.
- [10] Sampallo, G. y Meza, S., *La cámara digital en la adquisición de datos en Física. Cómo obtener datos para el estudio de movimientos empleando la cámara digital*, (2005). <http://www.lanormalenlinea.com.ar/fq/DocFisica1/01datosmov.pdf>. y Guía RAD video tools. <http://www.lanormalenlinea.com.ar/fq/DocFisica1/03GuiaRad.pdf>. Consulta realizada el 12 de noviembre de 2010.
- [11] Sampallo, G. y Meza, S., *La cámara digital en el estudio de movimientos*, Memorias V CAEDI, pp. 527-534 (2006).
- [12] Irala Leitão, L., Dorneles Teixeira, P.F. y Saraiva da Rocha, F. *A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica*. REIEC **6**, 1-15 (2011). <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v6n1/v6n1a03.pdf>.
- [13] Valdés Castro, R. y Tricio, V., *Actividades experimentales en física general con fotografía y vídeo digitales*. Revista Cubana de Física **24**, 46-50 (2007). <http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/gef/fisicayarte/artigos/fotografia%20y%20vide.pdf>. Consulta realizada el 12 de noviembre de 2010.
- [14] Juan Martínez, A., Juliá Espí, M., Jover Mullio, E., Prats Llopis, G., Pons Pons, I. y Bernat Martínez, S., *El vídeo digital como recurso didáctico para el estudio cinemático del movimiento*. Actes VII Jornades de la Curie d'Intercanvi d'Experiències de Física i de Química, 53-65 (2003). <http://www.tic.fisquim.org/video/Documentos/Articul.pdf>. Consulta realizada el 12 de noviembre de 2010.
- [15] Yanitelli, M., Scancich, M. y Massa, M., *Un experimento asistido por un sistema informático. Una indagación de relaciones conceptuales en el estudio del movimiento sobre una pista de aire*, Memorias X Simposio de Investigación en Educación en Física. Posadas, Argentina, (2010).
- [16] Concari, S. y Pérez Sottile, R., *Cámara digital y teléfono celular como recursos para el estudio cinemático de cuerpos en movimiento*. XVII Congreso Internacional Tecnologías para la Educación y el Conocimiento. Tecnologías Emergentes XVIICITEC2012. Madrid, España. (2012).
- [17] Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, (Editorial Trillas, México, 1983).
- [18] Bernárdez, E., *El papel del léxico en la organización textual*, (Universidad Complutense de Madrid, España, 1995).
- [19] Glaser, B. y Strauss, A., *El desarrollo de la teoría fundada*, En: Goetz, J. y LeCompte, M., 1988. Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa, (Ediciones Morata, Madrid, 1967).