

# Representaciones multimodales en cursos de física básica

Valeria Sparvoli<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

E-mail: valeriasparvoli@live.com

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

## Resumen

El estudio se centra en evaluar las posibilidades que tienen los alumnos que ingresan a carreras de ingeniería, de usar registros multimodales para explicar los fenómenos físicos en la resolución de problemas. Se presenta una propuesta de aprendizaje que facilita la resolución a través de la conversión entre Registros de Representación, considerada como estrategia principal. Los resultados de las actividades de aprendizaje dan cuenta que la enseñanza mediante la conversión a diferentes registros brinda a los alumnos mayores herramientas para resolver problemas y facilita el aprendizaje reflexivo. No obstante, se observó que algunos registros son de uso preferencial, encontrándose las mayores dificultades en el modelado matemático.

**Palabras clave:** Representaciones multimodales, Conversión de registro, Resolución de problemas, Aprendizaje reflexivo.

## Abstract

This study focuses on evaluating the possibilities pupils, in basic physics courses at university, have to use multiple registers in order to explain natural phenomena when they solve problems. This research introduces a learning proposal based on problems resolution through conversion between multiple registers, which is considered a basic strategy. The results of learning activities show that teaching through conversion between different languages offers students better tools to solve problems and guides them into reflective practice. However, students show preference for some registers and the mathematical models seem to be the most difficult.

**Keywords:** Multiple registers, Conversion between registers, Problem solving, Reflective learning.

## I. INTRODUCCIÓN

En este estudio, que forma parte de un proyecto mucho más amplio<sup>1</sup>, se aborda la conversión a diferentes registros de representación para la descripción de fenómenos físicos en la resolución de problemas, entendiendo como tal a una situación que presenta cierto grado de dificultad al alumno y en la cual éste puede transferir los conocimientos aprendidos. En el campo de la enseñanza de la física existe un cuerpo importante de antecedentes orientado a la resolución de problemas (Cónconi, 2001; Lucero, Cónconi, Pozzo, 2009, entre otros) y al estudio de las representaciones de los alumnos en situaciones concretas de aprendizaje, pero son escasos los trabajos dedicados al análisis de las actividades cognitivas en los circuitos de conversión entre registros y los más recientes se enfocan en las transformaciones dentro de uno único (Bravo, Pesa, 2005; Cónconi, Pérez Sottile, 2012; Idoyaga, 2014; Yanitelli, Scancich, 2014).

La investigación se organizó en dos etapas. En la primera se realizó un relevamiento de información y se diseñó un experimento basado en la implementación dentro del aula de estrategias de conversión; en la segunda se implementó el diseño y se analizaron los resultados del impacto sobre los aprendizajes en estudiantes de primer año en las carreras de ingeniería.

## II. MARCO TEÓRICO

<sup>1</sup> Trabajo realizado en el marco del proyecto de investigación PID FA 2526/2013-2014: "Estudio de la incidencia que las prácticas docentes tienen sobre la habilidad de los alumnos para utilizar múltiples registros de representación, en cursos de física básica".

La literatura en didáctica de la física cuenta hoy en día con varias referencias a los modelos diferenciándose *modelos físicos*, *modelos didácticos* y *modelos mentales*. Todos ellos son *representaciones* del mundo (entendiendo como tal a la relación que se establece entre el mundo real y un conjunto de entidades lingüísticas) con su propia lógica interna, sus relaciones de semejanza con los fenómenos y sus propios medios expresivos (Aduriz-Bravo y Morales, 2002).

Los científicos usan modelos para representar los principios (modelo de partícula,...), todos ellos integrados a una teoría elaborada en base a un recorte de la realidad denominado sistema físico. El fenómeno físico es tomado por el científico como objeto de estudio y transformado en un sistema físico mediante operaciones que reducen la cantidad de variables relevantes y simplificaciones que acotan la complejidad, procediendo a la construcción de modelos científicos que son explicativos, predictivos, conceptuales y simbólicos, organizados en una red conceptual compleja.

Los docentes por su parte pretenden enseñar modelos científicos pero en la composición de sus clases realizan transformaciones que hacen de los principios y leyes de la física un saber enseñable, es decir trabajan con transposiciones para reorganizar el texto del saber sabio en otro entendible para los estudiantes. Para ello delimitan en saberes parciales, reducen el número de variables, se preocupan por utilizar recursos metodológicos y preparan su discurso. Esto supone entonces que los modelos físicos sufren mediante la transposición, una transformación que los convierte en modelos didácticos.

A su vez los alumnos cuando aprenden, tienen sus propias representaciones del mundo real y una estructura cognitiva con ideas previas. La comprensión de los principios y las leyes de la física implica tener modelos mentales (Moreira, 2002) de los sistemas naturales, que le permitan explicarlos y hacer previsiones con respecto a ellos.

Los modelos didácticos se diferencian de los modelos mentales en que los primeros son representaciones externas bien definidas con las que enseñan los docentes, mientras que los segundos son representaciones internas de los alumnos que aprenden y deben serles funcionales. De esta manera la cognición es un proceso de estructuración de la información dentro de una red interna en la cual los factores más relevantes son el número y la fuerza de las conexiones dentro de esta red. Mientras más estructurada esté esta red, más posibilidad tiene el alumno de comprender, analizar, establecer analogías, resolver, aplicar y resumir.

Pero esta estructuración no se da de manera natural y es el docente compositor de sus clases (Spiegel, 2008) quien la facilita planificando clases potentes, y utilizando estrategias didácticas que faciliten las representaciones semióticas de los fenómenos físicos. La fisura se produce cuando los modelos mentales de los alumnos son disímiles a los modelos científicos que el docente quiere enseñar.

En el proceso de composición de sus clases es necesario que el docente tenga en cuenta las estrategias didácticas que utilizará dentro del aula, para enseñar modelos físicos y facilitar la representación de modelos símiles a los científicamente legitimados. Una de las estrategias en las que se puso el foco en este trabajo es la resolución de problemas mediante el uso de registros de representación multimodales (Duval, 1999), para describir fenómenos físicos. La representación interna que construyan los alumnos de estos registros como así también la conversión entre ellos, facilitan la comprensión y el aprendizaje.

La figura 1 muestra un esquema elaborado para esta investigación con los diferentes niveles de representación científica y sus articulaciones, destacando en ella particularmente los registros de representación, considerados como diversos tipos de lenguajes semióticos para describir fenómenos físicos. Es la recurrencia a la conversión de registro la que facilita la comprensión de los modelos físicos que permiten describir los fenómenos reales hasta construir un aprendizaje significativo de la física.

Los registros de representación permiten describir el fenómeno desde diferentes aspectos: icónico, gráfico, verbal o algebraico.

**El registro icónico (I)** es la imagen visual concreta (también puede ser auditiva, olfativa o táctil). Se trata de una forma de “ver” los fenómenos, a la que se recurre para recuperar y captar los detalles que resultan relevantes al sujeto que las construye.

**El registro verbal (V)** es el relato o narración de un fenómeno físico. Esta descripción se realiza en base a la representación que el sujeto construye en su mente. Se trata de representaciones individuales y organizadas por reglas de combinación mentales abstractas. No obstante, dichas representaciones son susceptibles de ser expresadas verbalmente mediante cadenas de símbolos que corresponden al lenguaje natural del alumno y que se denominan registro verbal.

**El registro gráfico (G)** se refiere a diagramas que permiten mostrar de manera esquemática la interpretación que hace el alumno del fenómeno y de las leyes de la física que intervienen en la explicación del mismo, como así también la variación de las magnitudes físicas y la relación de dependencia entre sí. Para este estudio se toma el diagrama de cuerpo libre (**DCL**) como registro gráfico y los gráficos en coordenadas cartesianas ortogonales (**CCO**).

**El registro simbólico o algebraico (S)** está vinculado a las ecuaciones que relacionan las magnitudes que describen el fenómeno físico. Se trata de una cadena de símbolos que cobran sentido sólo en el

contexto de la modelización matemática del mismo, y sirven tanto para expresar una idea referida al fenómeno en sí mismo como también en la operatoria del cálculo que conduce a determinación de valores cuantitativos o cualitativos de algunas magnitudes y posibilitan la interpretación de dicho fenómeno ó su predicción.

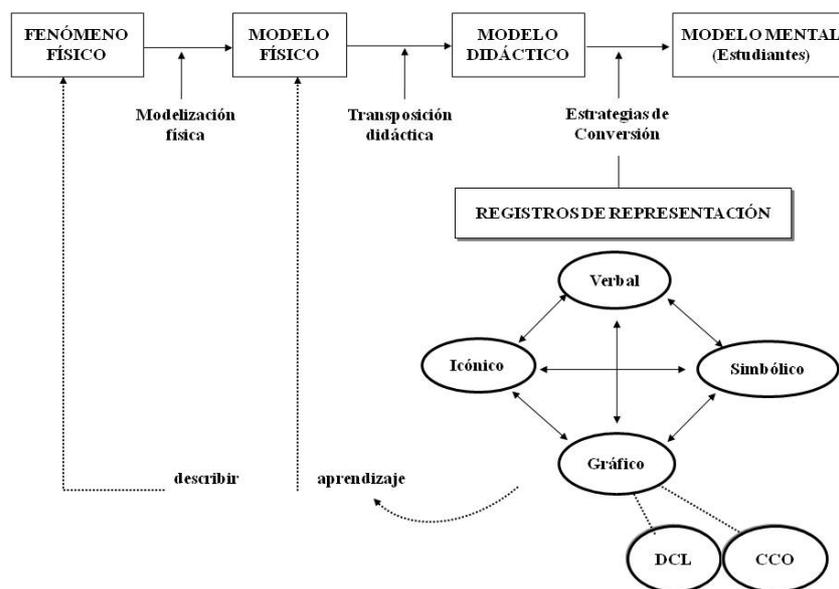


FIGURA 1. Niveles de representación científica y sus articulaciones. Registros de Representación.

### III. PROPUESTA METODOLÓGICA

La investigación, de perfil descriptivo, tiene como finalidad analizar si los alumnos ingresantes a carreras de ingeniería pueden resolver problemas utilizando diferentes representaciones semióticas para explicar los fenómenos físicos involucrados.

La primera etapa estuvo focalizada en el relevamiento de información de los Registros de Representación que los docentes usan habitualmente para la enseñanza de la Física y de las características de los ingresantes a primer año.

De los test se desprende que los conocimientos previos de matemática y de física de los alumnos al momento de comenzar la cursada en primer año eran básicos, resultando las estrategias de enseñanza empleadas por los docentes decisivas para la comprensión de la materia.

Para llevar adelante la investigación se diseñó un experimento que se implementó con un grupo piloto, y en simultáneo otro de testeo, sin ninguna innovación. La unidad de análisis quedó de la siguiente manera. Para el año 2013: comisión 1, grupo piloto; comisión 2, grupo de testeo. El experimento se repitió con alumnos ingresantes en el año 2014: comisión 1, grupo piloto; comisión 2, grupo de testeo.

#### A. Diseño del experimento

Para enseñar física en los grupos piloto se rediseñaron las clases, con actividades de aprendizaje y de evaluación orientadas a la descripción de fenómenos físicos utilizando registros multimodales. Se elaboró una guía de problemas denominada cartilla *nueva* – considerada un recurso didáctico relevante para esta investigación-, dejando con la denominación de *tradicional* a la guía que estaba en vigencia. En el grupo piloto se trabajaron en simultáneo las guías de problemas *tradicional* y *nueva*, mientras que en el grupo de testeo se utilizó la tradicional como único material para la resolución de problemas de lápiz y papel.

Durante la fase de planificación didáctica se reorganizaron los roles de los docentes para alejarlos de la rutina que divide la enseñanza tradicional en la universidad entre teoría y práctica. De esta manera las clases teóricas en los grupos piloto perdieron su carácter expositivo y demostrativo para transformarse en espacios de aprendizaje interactivos.

En los cursos de testeo los docentes prosiguieron con el dictado regular de las clases, existiendo cierta división explícita entre teoría y práctica y utilizando problemas de la cartilla tradicional durante las explicaciones y ejemplificaciones. La comparación entre los aprendizajes del grupo piloto y el de testeo se hizo mediante la aplicación de test conceptuales y en el seguimiento de exámenes parciales y finales.

Como parte del relevamiento inicial se analizaron las prácticas de problemas de lápiz y papel vigentes en la cátedra. La Figura 2 muestra en la parte (A) el enunciado y la representación icónica correspondiente a un problema de dinámica de la partícula. En la parte (B) se observa el mismo problema reformulado, implementado en el grupo piloto.

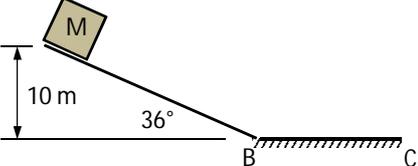
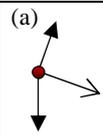
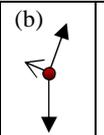
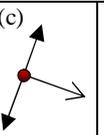
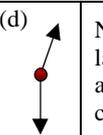
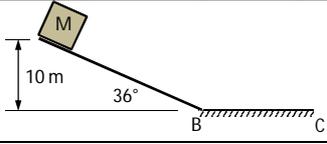
(A) PROBLEMA TRADICIONAL	(B) PROBLEMA REFORMULADO
<p>El cuerpo de la figura se libera del reposo. Su masa es <math>M=40</math> kg, y el coeficiente de fricción dinámico entre la caja en el tramo BC y la superficie es <math>\mu_d = 0,35</math>. Entre el plano inclinado y la caja se desprecia la fricción.</p> <p>a) Confeccionar el diagrama de cuerpo libre de la caja sobre la superficie inclinada. Calcular la aceleración durante el descenso.</p>  <p>b) Confeccionar el diagrama de cuerpo libre de la caja en el tramo BC. Calcular la distancia recorrida sobre esta superficie hasta detenerse.</p>	<p>I) Indicar cuál D.C.L. corresponde a la figura de la caja descendiendo por el plano inclinado. Para la opción elegida reconocer fuerzas actuantes y entes dinámicos que interactúan.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="display: flex; gap: 10px;">     </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px;"> <p>Ninguna de las opciones anteriores es correcta</p> </div> </div>  <p>II) ¿Qué condiciones permiten que la caja se acelere sobre el plano inclinado? ¿Y sobre el tramo recto BC?</p> <p>III) ¿Es posible considerar un movimiento con rapidez constante del sistema de la figura? Justificar la respuesta</p> <p>IV) Describir el movimiento de la caja desde que se libera del reposo hasta que se detiene en C.</p>

FIGURA 2. (A) Problema tradicional. (B) Problema reformulado propuesto para su uso en los grupos piloto.

Con el análisis pormenorizado de problemas en vigencia se observó su carácter predominantemente cuantitativo y estructurado. Es por ello que en el grupo piloto se incorporaron otros cualitativos y no estructurados. Antes de poner en práctica la cartilla nueva, se compararon ambas y se determinó la proporción de problemas en cada una, que facilitan en los alumnos actividades de conversión entre registros, puesto que esta es la estrategia didáctica principal. La Figura 3 muestra los porcentajes a estas proporciones.

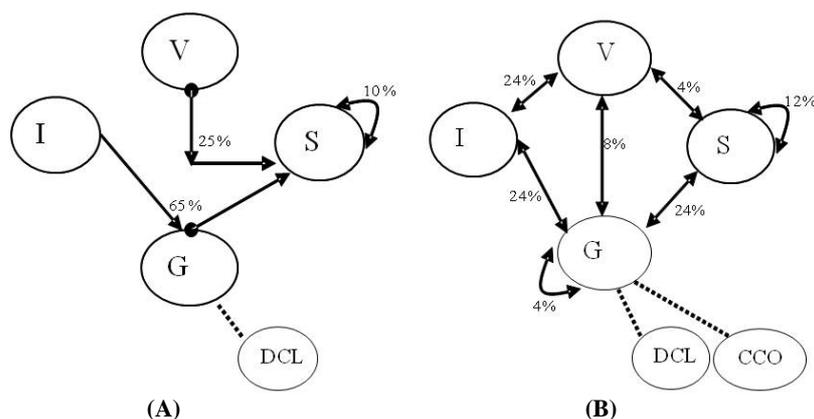


FIGURA 3. Registros de representación propuestos en la resolución de problemas, en la cartilla tradicional (A) y en la cartilla nueva para implementar en el grupo piloto (B). Los porcentajes se consideran sobre la cantidad de problemas de lápiz y papel en los que se hace necesaria la conversión a los registros indicados.

El 65% de los problemas de la cartilla tradicional privilegian el circuito icónico-gráfico-simbólico, el 25% restante sugerían el circuito verbal-gráfico-simbólico, quedando un 10% de los problemas que inducían transformaciones dentro del registro simbólico. Como actividades cognitivas principales los estudiantes debían interpretar el enunciado ó un gráfico, reconocer fuerzas entre el sistema físico y el medio (DCL), recordar las leyes de la mecánica y realizar algún cálculo como por ejemplo la aceleración de un sistema.

La cartilla nueva se reformuló de manera tal que potenciara la conversión a diferentes registros y ampliara el espectro de actividades cognitivas. Explicitando la propuesta, el 24% de los problemas sugirió el circuito icónico-verbal, otro 24% icónico-gráfico, 24% gráfico - simbólico, 8% verbal - gráfico. El 12% de transformaciones dentro del registro simbólico significa actividades de comparación, operatoria de cálculo para explicitar el valor de una incógnita o análisis de la dependencia entre parámetros físicos. El 4% de conversión de registro gráfico a sí mismo implica que el alumno debía establecer analogías y diferenciaciones entre diagramas de cuerpo libre para diferentes fenómenos físicos. En la mayoría de los problemas los estudiantes debían plantear supuestos y analizar los resultados sobre la base de esas consideraciones.

En la segunda etapa se implementó el diseño y se pudo describir la incidencia de las estrategias de conversión entre registros, en los aprendizajes. Se realizaron observaciones áulicas. También se tomó un test conceptual – elaborado para esta investigación- a fin de evaluar la metodología propuesta. El mismo consistió en trece problemas formulados de manera tal que inducieran al alumno a las conversiones entre registros de representación, presentadas en la Tabla I.

Esta misma tabla fue utilizada para analizar las posibles conversiones realizadas por los estudiantes en los exámenes parciales y finales.

**TABLA I.** Categorías de conversión entre registros utilizadas en la resolución de problemas.

<b>Categoría de conversión entre registros de representación</b>	<b>Descripción de la conversión. El alumno:</b>
V-I: verbal ↔ icónico	Interpreta un problema enunciado verbalmente mediante un esquema figurativo, ó, explica un esquema con lenguaje verbal.
V-G: verbal ↔ gráfico	Confeciona un DCL del sistema en estudio a partir de un enunciado, ó interpreta y explica con lenguaje verbal un gráfico en coordenadas rectangulares que muestra la relación entre variables.
V-V: verbal → verbal	Explica el fenómeno físico en el mismo lenguaje en que se enuncia el problema.
I-S: icónico ↔ simbólico	Interpreta el fenómeno mediante el uso de ecuaciones, ó, se presentan ecuaciones y el alumno les da un significado asociándolas a una figura.
I-G simple: icónico → gráfico mediante modelizaciones simples	Realiza DCL y reconoce fuerzas actuantes sobre un sistema físico en situaciones simples.
I-G complejo: icónico → gráfico mediante modelizaciones complejas	Realiza DCL y reconoce fuerzas actuantes sobre un sistema en situaciones más complejas.
G-S: gráfico ↔ simbólico	Realiza algún cálculo a partir de la interpretación del DCL ó de la lectura de un gráfico en CCO.
G-G: gráfico → gráfico	Utiliza la geometría vectorial para interpretar un problema y lo resuelve en ese mismo lenguaje.
S-S: simbólico → simbólico	Desarrolla algebraicamente sistemas de ecuaciones que modelizan matemáticamente un fenómeno físico y llega a una expresión reducida que muestra la relación entre parámetros físicos.

Al momento de la corrección de los exámenes se consideró el Uso de Registros Multimodales como una variable. En la Tabla II se definen los indicadores asignados y sus criterios de evaluación.

**Tabla II.** Indicadores y criterios de evaluación de la variable Uso de Registros Multimodales en la resolución de problemas.

<b>Indicador</b>	<b>Criterio de evaluación</b>
<i>Nivel 5:</i>	El estudiante convierte a todos los registros posibles, modeliza situaciones físicas complejas y comunica de manera precisa sus reflexiones.
<i>Nivel 4:</i>	El estudiante convierte a todos los registros posibles, modeliza situaciones físicas complejas pero no puede comunicar de manera precisa sus reflexiones.
<i>Nivel 3:</i>	El estudiante utiliza algunos registros con preferencia y comunica de manera precisa sus reflexiones acerca de los cambios de registros que es capaz de resolver.
<i>Nivel 2:</i>	El estudiante no convierte a todos los registros posibles, y no puede comunicar de manera precisa sus reflexiones acerca de esas conversiones.
<i>Nivel 1:</i>	El estudiante no es capaz de cambiar de registro de representación.

La variable Actividades Cognitivas Involucradas en la Resolución de Problemas, permitió evaluar las acciones por las que atraviesa el pensamiento en la resolución, siendo los indicadores más relevantes: la búsqueda de supuestos, identificación de variables y constantes, comparación con otras situaciones conocidas, simplificación del problemas original, codificación, uso de leyes físicas, planteo de ecuaciones,

desarrollo de ellas en forma cualitativa, gráficos aclaratorios, cálculos, obtención de resultados numéricos y análisis de la veracidad de los resultados.

También se definió la variable Estrategias y Herramientas de Enseñanza en el aula referida a las prácticas docentes, y para completar la información de las variables anteriores se consideró otra, referida a los Conocimientos Construidos por los alumnos siendo sus dimensiones: aprendizaje significativo, reflexivo, ingenuo e inerte.

#### IV. IMPLEMENTACIÓN EN EL AULA

Pese a que este trabajo no está centrado en la descripción del accionar docente sino en la comparación del rendimiento de los estudiantes en dos situaciones de aprendizaje diferentes, se incluye un brevísimo relato de algunas observaciones áulicas ya que los procesos de enseñanza y aprendizaje se complementan.

En el grupo piloto las clases comenzaban con algunas preguntas que servían para indagar sobre los conocimientos previos de los alumnos y como disparador para el nuevo tema. En función de las respuestas obtenidas los docentes hacían aclaraciones orales o escritas en pizarra (conversión icónico-verbal). Luego se procedía a la lectura y análisis de conceptos en la bibliografía propuesta por la cátedra (registro verbal). Los desarrollos teóricos se realizaron como aclaración y profundización de algún contenido cuando éste era requerido (conversión verbal-simbólico). Para complementar las explicaciones se emplearon recursos didácticos como imágenes o videos sobre fenómenos físicos (representaciones icónicas). En el momento de la resolución de problemas, se procedía a la lectura e interpretación de los mismos y se daba tiempo a los estudiantes para la elaboración y ejecución de un plan de acción. En ese momento los docentes tanto de teoría como de práctica pasaban por los bancos facilitando el trabajo individual y promoviendo también instancias grupales de interpretación del significado de la situación estudiada y síntesis. De esta manera no se diferenciaron clases teóricas de las prácticas y todos los docentes estuvieron presentes durante el dictado.

Con respecto a la técnica del interrogatorio y debate usados como estrategias metodológicas en el grupo piloto, a modo de ejemplo se cita una problemática propuesta en la cartilla nueva cuya implementación suscitó un debate vehemente: “¿Es posible que un tiro oblicuo y un tiro vertical tengan el mismo D.C.L.?”. Las actividades cognitivas que se observaron en los alumnos para la resolución de este problema fueron: la interpretación del enunciado, expresada verbalmente mediante la descripción que hicieron de los movimientos, el traspaso de la imagen mental de cada movimiento (registro icónico) al D.C.L. (registro gráfico), el análisis de cada movimiento en función de los supuestos que consideraron (con fricción del aire o sin ella) y la comparación entre ambos fenómenos.

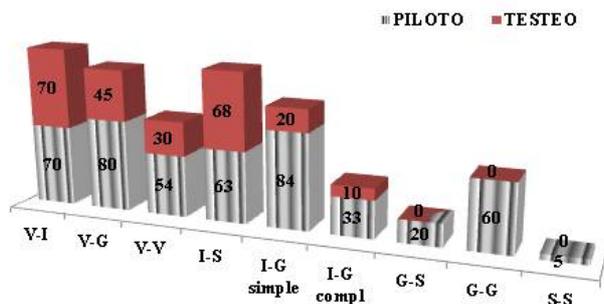
Como resultados de las observaciones áulicas en el grupo piloto se notó una progresión en el grado de participación de los alumnos.

En el grupo de testeo se mantuvo una diferencia explícita entre clases de carácter teórico y clases prácticas. En las primeras el docente hacía uso del pizarrón como recurso didáctico para las explicaciones de contenidos, desarrollos teóricos, demostraciones y gráficos (uso registros simbólico y gráfico). Las preguntas dirigidas a los estudiantes se realizaban sobre el final de las clases y estaban orientadas a establecer analogías entre los conceptos físicos. Durante las clases prácticas el profesor explicaba los problemas de la cartilla tradicional, oralmente y en forma escrita en pizarra.

#### V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las observaciones áulicas de los grupos de testeo y las respuestas de sus docentes a las encuestas se evidenció que en sus clases recurrieron con mucha frecuencia a los registros gráficos y a la operatoria del cálculo, haciendo hincapié en las analogías entre conceptos físicos, aumentando progresivamente la complejidad de los problemas e integrando los conocimientos. También admitieron que recurren escasamente al uso de ilustraciones, lenguaje verbal y simbólico, conversión entre registros de representación, síntesis, y a la técnica del interrogatorio y debate. Por su parte, los docentes de los grupos piloto propiciaron un grado de participación creciente favoreciendo la reflexión crítica y los estudiantes parecían adaptarse a esta modalidad.

El test conceptual elaborado para esta investigación se tomó antes del primer examen parcial, a dos meses de haber comenzado la cursada. En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos. Los porcentajes sobre las barras representan la cantidad de problemas resueltos correctamente con la conversión indicada (explicada en la tabla I), sobre el total de alumnos evaluados. Las barras inferiores corresponden a los grupos piloto y las superiores a los grupos de testeo.



**FIGURA 4.** Resultados del test conceptual. Porcentajes de aprobación de los dos grupos piloto (barras inferiores) y de los dos grupos de testeo (barras superiores).

Se observa que la conversión entre registros verbal e icónico la pudieron realizar de la misma manera los estudiantes de ambos grupos; en los grupos piloto el 80% de los alumnos pudo realizar conversiones verbal-gráfico, mientras que en los grupos de testeo lo hizo el 45%. Con respecto a la conversión verbal-verbal, el mismo implicaba el reconocimiento de ciertos principios de la física para la explicación de determinados fenómenos. Dicha conversión la pudo realizar el 54% de los estudiantes de los grupos piloto y el 30% de los alumnos de los grupos de testeo. En la conversión icónico-simbólico no se notaron diferencias significativas entre los grupos, mientras que en la icónico-gráfico sí. El 84% de los alumnos de los grupos piloto pudo resolver problemas en situaciones simples y el 33% en situaciones complejas; en los grupos de testeo los porcentajes fueron inferiores. Las conversiones gráfico-simbólico, gráfico-gráfico y simbólico-simbólico sólo se evidenciaron en los grupos piloto.

Se tomaron dos exámenes parciales por año con contenidos de mecánica de la partícula en el 1° parcial, y problemas de sistemas de partícula y dinámica del sólido en el 2° parcial. Se trataba de problemas semi-estructurados en los que cada estudiante hizo uso preferencial de registros para explicar fenómenos físicos. Comparando cada grupo piloto con el de testeo del mismo año, se pudieron registrar las siguientes actividades de los estudiantes, analizadas con las categorías de la tabla 1.

En el 1° parcial, los resultados para el grupo piloto (tomando un promedio entre el grupo del 2013 y el del 2014) en la resolución de problemas fueron los siguientes. La totalidad de los estudiantes utilizó la conversión **I-S**, pero sólo el 86% de ellos lo hizo correctamente. El 14% restante en realidad reconoció sólo algunas fuerzas intervinientes. El 76% pudo trabajar con la conversión **G-S**, es decir que logró elaborar ecuaciones que pudieran adecuarse como modelo a la situación física planteada, pero sólo el 43% del total fue capaz además de trabajar dentro del registro simbólico. Concomitantemente, hubo un 14% de los estudiantes que utilizó el lenguaje verbal para ampliar la explicación de los fenómenos físicos involucrados en los problemas.

En el mismo parcial para el grupo de testeo (tomando un promedio entre el grupo del 2013 y el del 2014), el 63% de los estudiantes resolvió los problemas usando la conversión **I-S**, siendo los mismos alumnos que utilizaron las conversiones entre los registros **I-G**, **G-S**. Del total de alumnos, solamente el 33% trabajó dentro del registro simbólico. Ninguno utilizó el registro verbal.

Con respecto al 2° parcial, el 79% de los estudiantes de los grupos piloto pudieron realizar la conversión icónico-verbal, el 89% icónico-gráfico, el 64% además usó la conversión gráfico-simbólico y el 43% pudo trabajar acertadamente dentro del registro simbólico. Para los grupos de testeo el 33% pudo realizar conversiones icónico-verbal, el 83% entre icónico y gráfico, el 50% usó la conversión gráfico-simbólico y el 31% pudo trabajar acertadamente dentro del registro simbólico.

Los resultados de la variable Uso de Registros Multimodales para los exámenes parciales se muestran en la Figura 5, poniendo en evidencia que en los grupos piloto el mayor porcentaje se concentró en el Nivel 4 (según indicadores de la Tabla II), es decir que al momento de estos exámenes el 43% de los alumnos pudo realizar conversiones a todos los registros posibles y modelizar situaciones físicas correspondientes a la mecánica clásica. En los grupos de testeo el Nivel 3 es de la mayoría de los estudiantes, quienes utilizaron algunos registros con preferencia y comunicaron de manera precisa sus reflexiones.

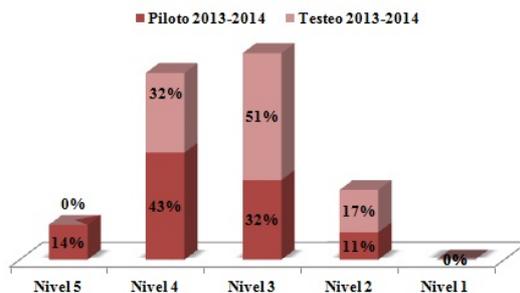


FIGURA 5. Resultados de la variable Uso de Registros Multimodales para los exámenes parciales.

Por todo lo dicho, se evidencian progresiones en el uso de algunos registros desde el test conceptual hasta el 2° parcial. Todos los estudiantes fueron capaces de usar el registro icónico I, la gran mayoría pudo efectuar la conversión I-G, algunos trabajaron en la conversión G-S y muy pocos dentro de los registros simbólico y verbal. Si bien los porcentajes de aciertos en los problemas de los parciales fueron mayores en el grupo piloto, las diferencias en ambos grupos no son significativas y la preferencia de los estudiantes para elegir con qué registro trabajar para la resolución de un problema es muy similar en todos ellos.

La evaluación de los aprendizajes en los exámenes finales se hizo mediante problemas no estructurados. La figura 6 muestra la elección de registros que hicieron los alumnos para su resolución. Se observa que aparece la conversión verbal-simbólico, no propuesta como categoría en la tabla 1. Ello es porque el 62,5% de los estudiantes de los grupos piloto, luego de realizar desarrollos de ecuaciones dentro del registro S-S explicaron en lenguaje verbal la relación entre parámetros físicos y su impacto en el fenómeno en estudio.

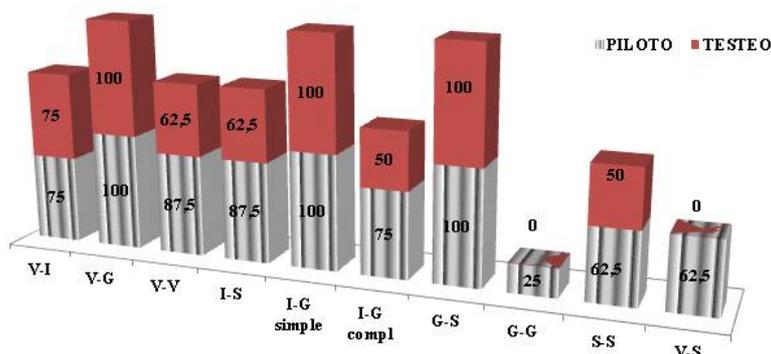


FIGURA 6. Porcentajes de uso de la conversión entre registros en los exámenes finales, según categorías de la tabla 1, de los dos grupos piloto (barras inferiores) y de los dos grupos de testeo (barras superiores).

Las actividades cognitivas involucradas en la resolución de problemas al momento del examen final fueron disímiles en los alumnos. Si bien todos pudieron interpretar los problemas y elaborar un plan de acción, la ejecución y evaluación de dicho plan se constató con más intensidad en los grupos piloto.

Complementando la información relevada hasta el momento se infiere como resultado de la variable Conocimiento Construido por los alumnos de ambos grupos, que hubo aprendizaje. En los grupos piloto hubo indicios de conocimiento reflexivo dado por el alto grado de participación en clase con explicaciones y ejemplificaciones de los fenómenos físicos y por la forma en que justificaron las respuestas en el test conceptual y en los exámenes parciales y finales. También se evidenciaron indicios de aprendizaje significativo (levemente mayores en los grupos piloto) dado por la capacidad de transferir los conocimientos a situaciones que en apariencia eran totalmente disímiles a las abordadas en las clases.

## VI. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Una de las estrategias en las que se puso el foco en este trabajo es la conversión entre Registros de Representación Multimodales para describir fenómenos físicos. En un grupo piloto se implementó un diseño con actividades de aprendizaje bajo esta modalidad y se contrastó con un grupo de testeo. Los

resultados muestran que la recurrencia por parte de los docentes a procesos de conversión entre registros facilitó la construcción de nuevos conocimientos en la estructura cognitiva de los alumnos, y éstos pudieron contar con más herramientas para la resolución de problemas.

Se realizaron mediciones de los aprendizajes en cinco momentos diferentes. Al ingresar a primer año antes de la cursada los estudiantes fueron evaluados con un pretest como diagnóstico de conocimientos previos, arrojando como resultado que éstos eran escasos. A dos meses del comienzo de clases, se implementó un test conceptual elaborado para esta investigación, con problemas que inducían la conversión entre determinados registros. A tres meses de comenzar la cursada se tomó el primer parcial y a los seis meses el segundo, con problemas semi-estructurados, de lápiz y papel. Al finalizar la cursada se analizaron los exámenes finales, con problemas no estructurados.

En el test conceptual todos los estudiantes pudieron trabajar con los registros verbal e icónico, y prácticamente ninguno dentro del registro simbólico encontrándose las diferencias más significativas entre los grupos piloto y de testeo en el uso del registro gráfico. Los estudiantes de los grupos piloto pudieron confeccionar diagramas de cuerpo libre, reconocer fuerzas e interpretar gráficos en coordenadas rectangulares.

Se constató que en los exámenes parciales hubo una progresión en el uso de diferentes registros de representación y conversión entre ellos, estando en mejores condiciones los alumnos de los grupos piloto. A seis meses de comenzar la cursada la gran mayoría de los estudiantes pudo realizar conversiones entre registros icónico, gráfico y simbólico y un tercio de ellos, aproximadamente, también fue capaz de trabajar dentro del registro simbólico, diferenciándose algunos estudiantes de los grupos piloto que utilizaron el registro verbal para realizar aclaraciones pertinentes y síntesis.

En los exámenes finales, luego de terminar la cursada, todos los estudiantes pudieron trabajar con los registros verbal e icónico y realizar modelizaciones de situaciones simples, viéndose favorecida en los grupos piloto la modelización de situaciones complejas y las conversiones dentro del registro simbólico. Así mismo estos estudiantes fueron capaces de realizar articulaciones dentro del registro gráfico, y, entre verbal y simbólico.

Por todo lo dicho sólo se puede concluir que los alumnos de los grupos piloto contaron con mayores herramientas para la resolución de problemas pudiendo plantear supuestos, identificar variables, transformar el problema original mediante simplificaciones, codificar, usar leyes físicas, desarrollar ecuaciones y analizar resultados. Se destaca el rol del docente como promotor de aprendizaje reflexivo. A pesar de la complejidad del acto educativo y la realidad del aula, los docentes fueron capaces de promover aprendizaje en sus estudiantes, y los estudiantes a su vez fueron partícipes activos de su propio aprendizaje.

Pese a ello, los resultados también dan cuenta de que es insuficiente la aplicación de esta estrategia como única herramienta para el aprendizaje significativo de los principios de la mecánica, que en algunos estudiantes resultaron ingenuos.

Este trabajo resulta un aporte que pretende contribuir a promover la autorreflexión de los docentes para vigilar sus propias prácticas, siendo los resultados obtenidos una oportunidad excelente para generar clases más potentes.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del Ing. Walter Meonis y del Sr. Santiago Biasoli en la elaboración del Test Conceptual y de los docentes de física que permitieron la observación de sus clases.

## REFERENCIAS

Aduriz Bravo y A-Morales, L. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la física, consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. *Caderno catarinense de ensino de física*. 19(1), pp.76-89.

Bravo, S. y Pesa, M. (2005). La construcción de representaciones sobre movimiento ondulatorio. *Revista De Enseñanza De La Física*. 18(2), pp. 25-42.

Concari, S. (2001). El modelado y la resolución de problemas: ejes para la enseñanza de la física para ingenieros. Argentina: *Revista Contextos de Educación*. IV(5), pp. 323-335.

Concari, S. y Pérez Sottile, R. (2012). Representaciones del movimiento: desde el video al modelado matemático. *Editorial Universitaria de la Patagonia. Memorias de la Sief XI*. Pp.166.

Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Santiago de Cali: Peter Lang S.A.

Idoyaga, I y Lorenzo, G. (2014). Las representaciones gráficas en la enseñanza y en el aprendizaje de la física en la universidad. *Revista De Enseñanza De La Física*. 26(Número Extra), pp. 365-371.

Lucero, I., Concari, S. y Pozzo, R. (2006). El análisis cualitativo en la resolución de problemas de física y su influencia en el aprendizaje significativo. *Investigações em Ensino de Ciências*. 11(1), pp. 85-96.

Moreira, M. A. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (3), pp. 37-57.

Perkins, D. (2003). *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Barcelona: Gedisa.

Perkins, D. (1999). ¿Qué es la comprensión?. En: Stone Wiske, M. *La Enseñanza para la Comprensión, vinculación entre la investigación y la práctica*. Buenos Aires: Paídos.

Solaz Portolés, J. J. y Sanjosé, V. (2008). Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas. Un estudio con alumnos de bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10 (1), pp. 1-17.

Spiegel, A. (2008). *Planificando clases interesantes: itinerarios para combinar recursos didácticos*. Buenos Aires: Novedades Educativas.

Yanitelli, M. y Scancich, M. (2014). ¿Comprenden los estudiantes del nivel básico universitario las gráficas cartesianas de datos experimentales? *Revista De Enseñanza De La Física*, 26(Número Extra), pp. 217-228.