

*Tesis de Doctorado***Las representaciones mentales en la resolución de problemas de Mecánica Clásica**

Autora:

Patricia Sánchez
psanchez@fceia.unr.edu.ar

Director:

Juan Antonio García
Madruga

Lugar:

Facultad de
Psicología

Departamento de
Psicología Evolutiva y
de la Educación

Universidad Nacional
de Educación a
Distancia

Fecha de defensa:

13 de junio de 2011

El tema central de esta tesis es el *estudio de los procesos asociados con la resolución de problemas de Dinámica de la partícula a partir de la comprensión de diferentes tipos de enunciados*. En este contexto, la Física provee una teoría específica y la Psicología Cognitiva brinda un marco que permite interpretar las actuaciones de los estudiantes cuando resuelven problemas de esa temática. Se desarrolló a partir de dos cuestiones centrales: *¿cómo pueden interpretarse las dificultades observadas en los estudiantes universitarios, de carreras con fuerte base física, en la resolución de problemas que involucren interacciones mecánicas? y ¿cuál es la relación entre las características del enunciado de estos problemas y las representaciones internas de los estudiantes puestas en juego durante su resolución?*

Los trabajos empíricos se diseñaron asumiendo que las personas resuelven los problemas guiadas por un *modelo mental* que construyen a partir de la lectura del enunciado y de sus conocimientos previos. De este modo, se obtuvo información vinculada con la hipótesis general, que supone que los frecuentes fracasos de los alumnos al resolver problemas que involucren fuerzas mecánicas -concebidas como *interacciones* entre los cuerpos- están vinculados en forma directa con las dificultades para integrar dichas interacciones conformando *modelos mentales* adecuados, que dependerán además de las características de los enunciados. Los tres estudios desarrollados en la fase empírica se realizaron con estudiantes universitarios del primer curso de Física de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario.

Teniendo en cuenta los resultados de un primer estudio de carácter exploratorio se diseñaron los problemas a aplicar en la investigación central. Se elaboraron dos situaciones con cuerpos en *movimiento conjunto*, pero en *reposo relativo* entre sí, en las cuales el rozamiento fue la interacción relevante para interpretar o explicar dicho movimiento. La diferencia entre ambas situaciones fue la inclinación de la superficie de contacto: en un caso inclinada y en el otro vertical. En la enunciación de estos problemas se manipularon tres variables independientes: el *contenido del problema: concreto* -cuando alude a una situación de la vida cotidiana- y *abstracto* -cuando corresponde a una situación con elementos modelados físicamente-, la presencia o no de un *dibujo* en el enunciado y la presencia o no de *datos numéricos*.

En el siguiente estudio, el instrumento se aplicó a un grupo de estudiantes que resolvieron los problemas en forma escrita. El análisis de estos protocolos y la aplicación de técnicas del Análisis Multidimensional de Datos permitieron interpretar las dificultades en la resolución a partir de fallas en la construcción de los modelos mentales de las situaciones e identificar modelos mentales característicos asociados con cada tipo de enunciado. El resultado más notable fue que los alumnos que resolvieron los problemas con enunciados *concretos* finalizaban la resolución adoptando un modelo mental de máxima simplicidad (movimiento conjunto con velocidad constante) y conceptualmente sesgado. Es decir, ante una modelización que les demandaba importantes recursos cognitivos, a la hora de operar elegían la opción más simple. Los enunciados *abstractos*, por su parte, se asociaron con la elaboración de un modelo

completo coherente desde el principio de la resolución. Los estudiantes que trabajaron con estos enunciados consideraron que los cuerpos se movían juntos con velocidad variable, encarando la resolución con una importante carga algorítmica que les permitió arribar a la meta. En relación con las interacciones, las fuerzas de contacto entre superficies en la dirección del movimiento (fuerza normal o fuerza de roce) resultaron las más conflictivas en su reconocimiento o caracterización.

Para analizar en profundidad el proceso de resolución y estudiar si se mantenían las tendencias reflejadas en el estudio anterior, se desarrolló luego un estudio de casos. Allí se analizaron las resoluciones de 8 alumnos a partir de dos registros simultáneos: las resoluciones escritas y las grabaciones en audio mientras resolvían en voz alta. Esta técnica permitió recabar información acerca de los modelos mentales construidos y manipulados por los participantes en su Memoria Operativa o de Trabajo, mientras estaban resolviendo, identificando además los operadores que generaban o modificaban tales modelos. De este modo fue posible describir minuciosamente el proceso de resolución y caracterizar el espacio del problema, reconociendo las redefiniciones del sistema de estudio, las relecturas, las expresiones de duda acerca de las fuerzas de contacto, pero sobre todo las justificaciones de inconsistencias y la detección de los *sesgos* que dificultaban la resolución. Fue posible observar la forma en que un estudiante elaboraba el modelo inicial, así como las sucesivas transformaciones del mismo, cuyas causas y justificaciones constituyeron una información valiosa para desentrañar el proceso.

A partir de los registros obtenidos en esta etapa, se confeccionaron, para cada uno de los casos, los “esquemas de resolución” como síntesis gráfica que permite visualizar claramente la secuencia de los operadores y los modelos inferidos en las actuaciones de los alumnos, de modo que la resolución se presenta como un proceso activo de circulación en el espacio del problema. Tales esquemas no sólo permitieron caracterizar cada resolución sino que, además, posibilitaron efectuar un análisis comparativo de las actuaciones de los estudiantes, mostrando la forma en que se mueven en el espacio del problema durante la resolución, con diferencias notables en función del contenido *concreto- abstracto* de los enunciados. Efectivamente, los esquemas muestran claramente que los procesos de resolución fueron marcadamente más *complejos* ante los *enunciados concretos* y más lineales en los *abstractos*, con un camino a la meta más directo. Puede interpretarse que la complejidad identificada en la resolución de problemas con enunciado concreto se asocia a la necesidad de transformar un modelo inicial, con referencias al mundo cotidiano, en un modelo conceptual, cargado de entidades simbólicas, donde sólo se presenten los rasgos relevantes en el contexto de la Física para diseñar una planificación efectiva y aplicar estrategias adecuadas a fin de resolver el problema. Esto implica una importante carga cognitiva que lleva a los alumnos, en muchos casos, a optar por la solución más sencilla aunque *incorrecta*, desde un modelo final simplificado y sesgado, sin intentar soluciones alternativas que implicarían una revisión recursiva de su modelo en curso. Las peores actuaciones de los estudiantes frente a enunciados *concretos* también puede explicarse a la luz de la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird, ya que en este tipo de enunciados los alumnos deben mantener activos en su memoria de trabajo los dos modelos: el físico, surgido a partir del conocimiento cotidiano, y el conceptual, que les permitirá planificar una solución. Esta carga

en una memoria de capacidad limitada, puede explicar la mayor dificultad de esta tarea. En el caso de los problemas *abstractos*, puede interpretarse que la “nueva información” que presentan sus enunciados se integra más fácilmente con los conocimientos previos específicos, de forma tal que los estudiantes construyen sin mayores dificultades un modelo conceptual adecuado.

En cuanto a las interacciones, se observó que, al igual que en el estudio anterior, la más conflictiva, tanto en enunciados concretos como abstractos, fue la fuerza de contacto en la dirección del movimiento, que en un problema correspondía a la fuerza de roce y en el otro a la fuerza normal. Esas fuerzas constituían las interacciones claves para justificar la condición de reposo relativo impuesta en los enunciados: que los cuerpos más pequeños no deslicen respecto a los mayores. Dicha condición, en todas las versiones, constituye una señal semántica cuyo fin es la construcción de un modelo mental que incluya las principales relaciones entre las ideas del enunciado textual. Es importante destacar nuevamente que la riqueza interpretativa de la técnica del pensamiento en voz alta ha permitido un acercamiento a vocalizaciones de un discurso interno que fue imposible conocer analizando sólo las resoluciones escritas.

Para terminar, quiero destacar que esta tesis constituye un aporte para la Psicología Cognitiva desde la Física, al contribuir a ampliar el conocimiento acerca de los procesos mentales desarrollados por los estudiantes durante la resolución de un problema de contenido específico. Es preciso remarcar, además, el doble sentido de esta relación, ya que se pone de manifiesto aquí que también es relevante el aporte de la Psicología Cognitiva para la enseñanza de la Física, donde la resolución de problemas es un aspecto esencial. En este sentido, el marco cognitivo ha posibilitado desentrañar el proceso de resolución de un problema de Física en términos de *modelos mentales* y *operadores*, reconociendo los *sesgos* que obstaculizan el camino a la meta. A partir de este conocimiento, son mayores las posibilidades de interpretar las actuaciones de los estudiantes y de orientarlos en la difícil pero apasionante tarea de resolver problemas.