

# Actividades disparadoras para instrucción entre pares basadas en la acción de la fuerza de rozamiento

Triggering tasks for peer instruction based on the action of friction force

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Nicolás Budini<sup>1,2</sup>, Luis Marino<sup>3</sup>, Mónica Giuliano<sup>4</sup>, Ricardo Carreri<sup>1</sup>, Cristina Cámara<sup>1,5</sup>, y Silvia Giorgi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santiago del Estero 2829, S3000AOM Santa Fe. Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Física del Litoral (UNL-CONICET), Güemes 3450, S3000GLN Santa Fe. Argentina.

<sup>3</sup>Facultad de Humanidades y Ciencias, UNL, Ciudad Universitaria, Paraje El Pozo, 3000 Santa Fe. Argentina.

<sup>4</sup>Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de La Matanza. Florencio Varela 1903. B1754 San Justo, Buenos Aires. Argentina.

<sup>5</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, UNL, 86-Kreder 2805, 3080HOF Esperanza, Santa Fe. Argentina.

E-mail: nicolas.budini@ifis.santafe-conicet.gov.ar

## Resumen

Este trabajo es parte de una investigación sobre los alcances de la *instrucción entre pares* (IP) en el desempeño académico de estudiantes del ciclo inicial universitario en la asignatura Física I, en la que se desarrollan contenidos básicos de mecánica. Se presentan resultados obtenidos entre 2016 y 2019 sobre actividades disparadoras que involucran las leyes de Newton aplicadas a sistemas físicos puntuales en los cuales actúa la fuerza de rozamiento. Esos resultados confirman las ventajas de implementar actividades colaborativas como las que involucra la IP, lo cual alienta a continuar aplicando dicha modalidad en las clases de Física I y a analizar la posibilidad de extenderla a las asignaturas subsiguientes de física.

**Palabras clave:** Aprendizaje activo; Instrucción entre pares; Física; Rozamiento.

## Abstract

This work is part of a current research about the extent of implementing the peer instruction (PI) teaching modality in the academic performance of undergraduate students from an introductory physics course, in which basic contents of mechanics are covered. We present results obtained between 2016 and 2019 from activities that involve application of Newton laws to point-like particle systems where the friction force is acting. These results confirm the benefits of collaborative activities that those implemented in PI, which push us to further develop and extend them to other physics courses.

**Keywords:** Active learning; Peer instruction; Undergraduate physics; Friction.

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realizó en el marco de un proyecto de investigación subsidiado por la Universidad Nacional del Litoral (UNL) que se inició en 2016 y aún se encuentra en ejecución. El objetivo general de este proyecto consiste en evaluar las potencialidades de la implementación de una modalidad de enseñanza que involucra instancias de aprendizaje colaborativo (AC) denominada instrucción entre pares (IP) y desarrollada por Mazur (1997). La IP ha sido probada con éxito y es fácilmente adaptable y aplicable en distintos ámbitos de enseñanza. En trabajos anteriores se informaron resultados de actividades relacionadas con contenidos de cinemática de la partícula (Budini y otros, 2016) y dinámica de sistemas físicos no puntuales (Budini y otros, 2017). En este trabajo se informan resultados globales (obtenidos entre 2016 y 2019) acerca de actividades sobre las leyes de Newton aplicadas a sistemas físicos puntuales que involu-

cran la fuerza de rozamiento y una propuesta de análisis de situaciones derivadas de las mismas.

Las dificultades de los estudiantes del ciclo inicial universitario en el aprendizaje de los conceptos que se desarrollan en un curso introductorio de física son generalizadas. Esto se ve reflejado en los resultados comunicados y debatidos en diversas instancias durante más de treinta años de investigación en enseñanza de la física.

En este trabajo se presentan resultados sobre una experiencia didáctica llevada a cabo en el marco de la IP, basada en actividades orientadas al análisis de los vínculos presentes en dos situaciones experimentales, una sobre movimiento de rotación y otra sobre traslación, que involucran el análisis de la fuerza de rozamiento.

Es de destacar que las conceptualizaciones que los estudiantes reconstruyen alrededor del fenómeno de fricción en el aula, o a través de los libros de texto, son asociadas a que la fuerza de rozamiento genera efectos indeseables en el movimiento, lo cual no siempre es correcto (Concari y otros, 1995; 1999). Se sostiene que la manera más eficaz de cambiar estas concepciones en los estudiantes se basaría en presentar en un contexto adecuado, como se considera al derivado de actividades de IP, situaciones en las que los mismos reflexionen y reconstruyan conocimientos sobre la segunda ley de Newton, teniendo en cuenta que la fuerza de rozamiento, en ciertas situaciones como las que se presentan en este trabajo, es la que permite la variación deseada del estado de movimiento de un sistema físico.

## II. MARCO TEÓRICO

Con la enseñanza de la física, a través de las actividades de aprendizaje, se busca favorecer en los estudiantes la reconstrucción de un cuerpo claro, estable y organizado de conocimientos con el que puedan enfrentarse y resolver diversas situaciones y, a la vez, adquirir conocimientos que demandan un mayor nivel de abstracción dentro del mismo campo. Para lograr esos objetivos los resultados derivados de la investigación sobre la enseñanza de la física han mostrado la necesidad de que los estudiantes participen activamente en su proceso de aprendizaje, en un contexto social de enseñanza que propicie la reconstrucción de su conocimiento (Vigotsky, 1989; Ausubel y otros, 1991; Kattmann, 2008).

El AC brinda un marco adecuado para reconstruir conocimientos, el mismo se basa en concebir a la educación como un proceso de socio-construcción (Vigotsky, 1989). Como modalidad didáctica el AC busca mejorar la comprensión del estudiante sobre un tema a partir del trabajo en pequeños grupos cuyos integrantes poseen diferentes niveles de habilidad. Así, los estudiantes aprenden activamente en un ambiente más relajado y flexible, en clases más dinámicas que las tradicionales. Calzadilla (2002) señala que el AC conduce a los estudiantes al logro mutuo de un nuevo nivel de conocimiento y satisfacción. En ese sentido se señala que una de las etapas cruciales en la implementación de la IP se constituye en una instancia en la que se pone en juego ese tipo de aprendizaje, que según los resultados obtenidos por Budini y otros (2018) es valorada de manera positiva por los estudiantes.

En el contexto del dictado de la asignatura Física I, en la que se desarrollan contenidos básicos de mecánica, del ciclo inicial de las carreras que se cursan en la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) de la UNL, se está implementando la IP en clases complementarias (CC) de teoría (no obligatorias) que se suman a las otras instancias de aprendizaje tradicionales del ámbito universitario (clases de teoría, de resolución de problemas y de trabajos prácticos de laboratorio).

La dinámica de las CC ya fue descrita en los trabajos de Budini y otros (2016; 2017; 2018). En esta ocasión se reiteran los aspectos más relevantes de las mismas. Estas clases son de alrededor de dos horas de duración, se dictan luego de que los estudiantes asistieron a la clase teórica tradicional en la que se introduce y desarrolla el tema a abordar en la CC, y de que leyeron un breve material escrito (notas de clase) del que disponen previamente. Es fundamental en las clases sustentadas en la IP la necesidad de que los estudiantes hayan sido introducidos previamente al tema a abordar, de manera de enfocar la atención en los conceptos físicos básicos, o en aquellos que ofrezcan mayores dificultades de comprensión. El diseño de estas clases requiere tener en cuenta los siguientes puntos claves (Budini y otros, 2016; 2017; 2018):

- (1) *identificar las cuestiones que más dificultades presentan a los estudiantes y elegir unos pocos conceptos físicos involucrados en las mismas para reforzar en las CC;*
- (2) *diseñar actividades interactivas alrededor de esos pocos conceptos que resulten motivadoras,*
- (3) *formular preguntas conceptuales (Mazur, 1997) alrededor de los conceptos que se desean reforzar, previamente seleccionadas, para que los estudiantes respondan en el momento. (Budini, 2016, p. 189; 2017, p. 290; 2018, p. 142)*

Luego de un breve repaso de los conceptos centrales se implementa la IP presentando a los estudiantes las denominadas preguntas conceptuales (PC) acerca de los conceptos y relaciones que se desean reforzar. Las mismas son con preguntas del tipo opción múltiple, de las que sólo una es la correcta. Luego de que los estudiantes responden una PC reciben inmediatamente la retroalimentación por parte del profesor. En esa instancia se discute con toda la clase por qué una opción de respuesta es la correcta y por qué las otras no lo son. De esta manera, los estudiantes pueden reflexionar para aclarar los conceptos en el momento y no esperar a la próxima clase, lo cual genera motivación en los mismos para comprender el tema.

La modalidad IP se basa en gran medida en la calidad y relevancia de las PC. Las mismas pueden encontrarse y seleccionarse del libro de Mazur (1997) o diseñarse teniendo en cuenta los siguientes criterios básicos (Budini y otros, 2016; 2017; 2018):

- a) deben involucrar pocos conceptos y centrarse en uno solo,
- b) sus respuestas no deben desprenderse del reemplazo de valores numéricos en ecuaciones,
- c) las opciones de respuestas (opción múltiple) deben ser suficientes, y de ser posible involucrar las concepciones no científicas más comunes de los estudiantes para que salgan a la luz en la discusión final con el docente,
- d) deben estar redactadas de forma inequívoca, y
- e) deben ser de dificultad moderada, según el contexto en el que se están formulando. (Budini, 2016, p. 189; 2017, p. 291; 2018, p. 143)

La manera de trabajar en las CC de Física I (FIQ, UNL) mediante el empleo de las interfaces de PC presenta las siguientes etapas (Budini y otros; 2016; 2017; 2018):

I. En una pantalla, haciendo uso de un proyector, el docente muestra la pregunta y las opciones posibles de respuestas a toda la clase, y las lee en voz alta para comprobar que se comprenda el enunciado.

II. Se otorgan alrededor de dos minutos para que cada estudiante, individualmente, registre, por medio de su teléfono inteligente, en un formulario web, la opción de respuesta elegida y el grado de confianza con la que el mismo considera haberlo hecho (muy seguro, todavía pensando y poco seguro).

III. Luego, durante alrededor de cinco minutos, los estudiantes discuten con sus compañeros más cercanos (discusión entre pares, propiamente dicha) acerca de qué opción seleccionaron y por qué; en esta instancia son ellos mismos quienes elaboran los argumentos que usaron para seleccionar tal o cual opción;

IV. Posteriormente, los estudiantes en forma individual registran nuevamente sus respuestas y niveles de confianza en el formulario; en esta instancia los mismos pueden elegir otra opción de respuesta y un nuevo nivel de confianza;

V. Finalmente, el docente muestra en la pantalla a toda la clase las proporciones de respuestas y niveles de confianza antes y después de la discusión, y discute en conjunto con todo el grupo cuál es la respuesta correcta argumentando su fundamento, y explicando por qué las otras son incorrectas.

Luego de la primera elección de respuesta y nivel de confianza por parte de cada estudiante, la discusión de los mismos con sus pares promueve su participación activa y su pensamiento basado en los argumentos que se están desarrollando en grupos (instancia de AC). Las discusiones entre los estudiantes promueven que los mismos no se limiten a asimilar el material que se les presenta, ya que deben reflexionar y poner sus pensamientos en palabras. A veces los mismos estudiantes son capaces de explicar un concepto a sus compañeros con más eficacia que el docente, probablemente porque ellos, habiendo comprendido el concepto recientemente, son conscientes de las dificultades que conlleva y saben exactamente qué enfatizar en su explicación.

Los formularios web son importantes en dos sentidos: se tiene un panorama inmediato de la distribución de respuestas y niveles de confianza, que da lugar a que los estudiantes cuenten con retroalimentación en el momento, esto permite cuantificar la eficacia de la interacción entre estudiantes para que los mismos analicen y discutan sus respuestas; es importante, también, para el docente, que queden registros de las opciones elegidas por los estudiantes antes y después de las discusiones entre ellos, para analizar esa información después de la clase, conocer los aprendizajes alcanzados y hacer los ajustes necesarios.

Con estas clases se espera promover en los estudiantes el aprendizaje significativo de conceptos y leyes físicas, y, a la vez, conocer si la IP contribuye a mejorar el desempeño académico en la asignatura.

En la asignatura Física I de la FIQ, UNL, se están empleando estrategias didácticas basadas en la IP con el objetivo de hacer más fluida la comprensión de los contenidos por parte de los estudiantes. En este trabajo se presentan resultados derivados de la implementación de dos preguntas conceptuales en el marco de dicha modalidad que dieron lugar al análisis de dos situaciones problemáticas sobre dinámica de la partícula que involucran a la fuerza de rozamiento con efectos deseables en el movimiento. Con el análisis de estas situaciones se buscó desarraigar las concepciones de los estudiantes que asocian a la fuerza de rozamiento con efectos siempre indeseables en el movimiento.

### III. PROPUESTA DIDÁCTICA EN EL MARCO DE LA IP

La primera situación, que involucra a un auto que describe una curva con rapidez constante, da lugar a tratar aspectos relacionados con seguridad vial, como que las curvas se construyan con peralte.

En la segunda, acerca de una mujer intentando arrastrar una caja, se pone de manifiesto que la fuerza de rozamiento que actúa sobre la mujer es la que le permite avanzar, mientras que la que actúa sobre la caja es la que la mujer debe –por lo menos- compensar, para poder arrastrar la caja. Es decir, en esta situación la fuerza de rozamiento produce un efecto deseable sobre la mujer, e indeseable sobre la caja.

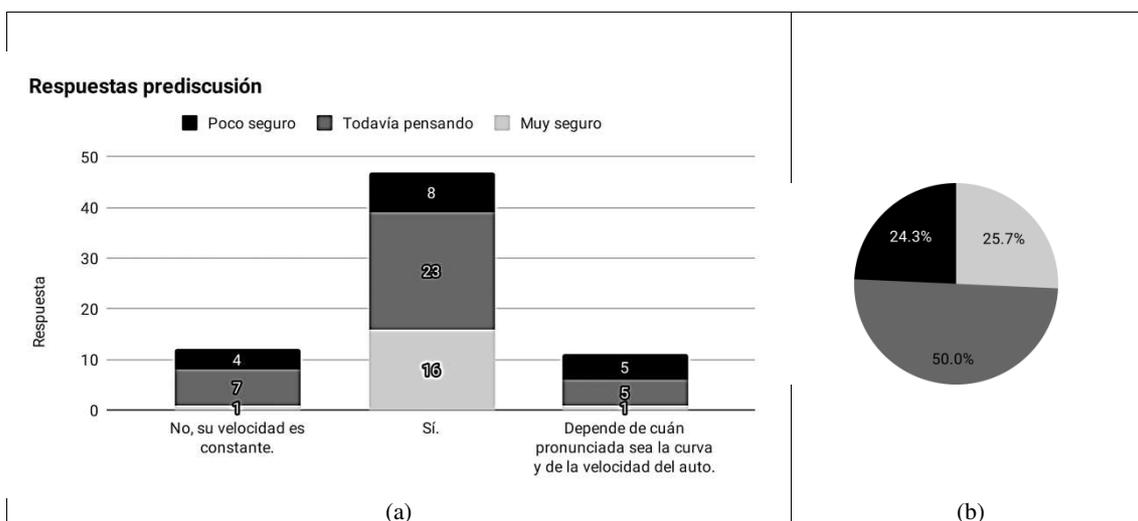
#### A. Situación sobre movimiento circular

Se plantea que:

*Un auto se mueve sobre una curva mientras mantiene su rapidez constante. ¿Existe fuerza neta sobre el auto mientras se encuentra doblando en la curva? Las opciones de respuestas son:*

- a) *No, su velocidad es constante.*
- b) *Sí.*
- c) *Depende de cuán pronunciada sea la curva y de la velocidad del auto.*

La respuesta correcta es la (b). Las distribuciones de respuestas y grados de confianza registrados por los estudiantes antes de la discusión entre pares se muestran en las figuras 1(a) y (b). Para armar los gráficos se contabilizaron las respuestas registradas en distintos cuatrimestres en el período comprendido entre 2016 y 2019.

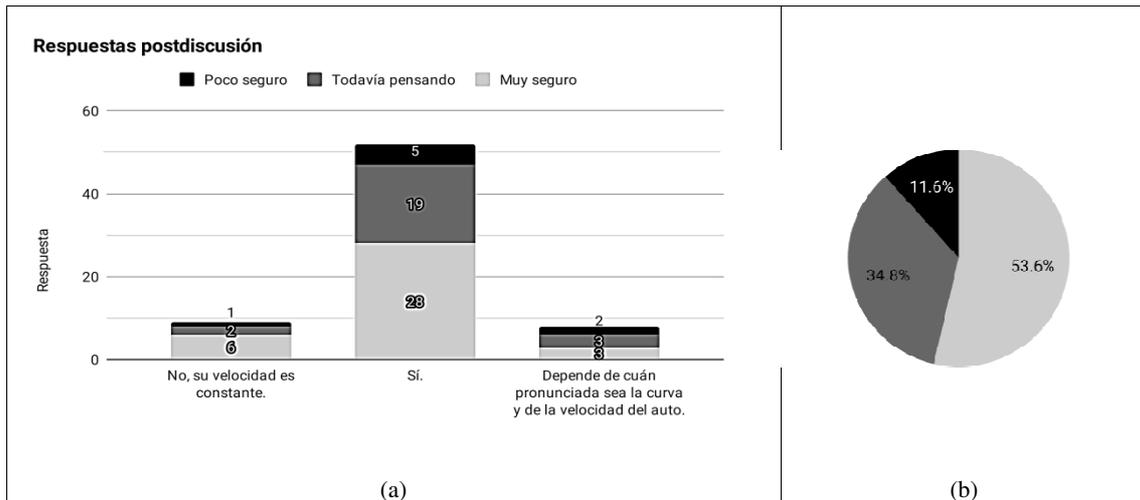


**FIGURA 1.** Distribución de (a) respuestas y (b) grados de confianza de los estudiantes antes de la discusión entre pares, se contabilizan las respuestas obtenidas en diferentes cuatrimestres del período 2016-2019.

Las respuestas y grados de confianza registrados luego de la discusión entre pares se muestran en las figuras 2(a) y (b).

De estas figuras se desprende que luego de la discusión entre pares se registró un mayor número de respuestas correctas y, principalmente, un aumento en el grado de confianza en las respuestas. No obstante, en algunos estudiantes persiste la idea errónea consistente en que si la rapidez es constante la fuerza neta debe ser nula, y en otros, que la fuerza existe dependiendo de cuán pronunciada es la curva y de la velocidad del auto.

Un número importante de estudiantes consideró la existencia de una fuerza responsable de la aceleración radial, o normal a la velocidad, del auto. Esta respuesta dio lugar a discutir el origen de esa fuerza, llegándose a la conclusión de que es la fuerza que ejerce el pavimento sobre las ruedas del auto en la dirección radial, que es la que se denomina fuerza de rozamiento. Es decir, la fuerza de rozamiento es la responsable de acelerar radialmente al móvil de manera que el mismo pueda describir la curva.

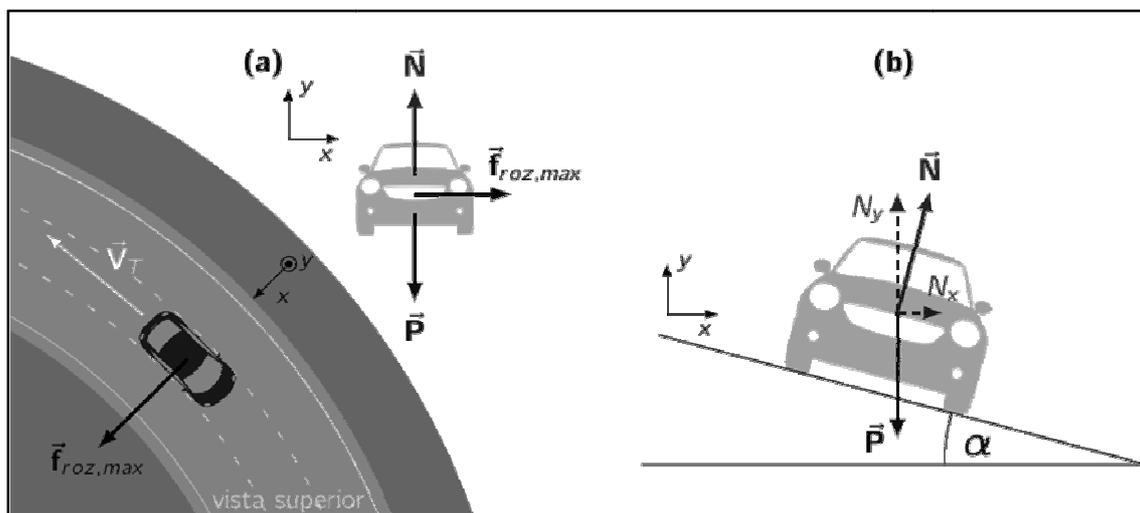


**FIGURA 2.** Distribución de (a) respuestas y (b) grados de confianza de los estudiantes después de la discusión entre pares, se contabilizan las respuestas obtenidas en diferentes cuatrimestres del período 2016-2019.

A partir de estos resultados, similares en los distintos cuatrimestres, se promovió la discusión de aspectos relacionados con seguridad vial. Por ejemplo, que la fuerza de rozamiento puede modificarse según las condiciones climáticas (es prácticamente nula si hay hielo en la carretera, varía si el pavimento se encuentra con agua, arena, barro, aceite, etc.), y según el estado de los neumáticos, en general, si están gastados el rozamiento será menor que en los nuevos.

Esto puede dar lugar para reflexionar, sobre un hecho que, para algunos estudiantes, es cotidiano: el ángulo de peralte con el que se construyen las curvas en las carreteras, para evitar el riesgo de que el auto derrape. Los estudiantes se ven motivados por este tipo de análisis y comprenden por qué, en una curva, la banquina exterior se encuentra más elevada que la interior.

El ángulo de peralte tiene el fin de dar lugar a una componente de la fuerza normal en la dirección radial que, a determinada rapidez del vehículo para la cual se diseña la curva de determinado radio, permite que el móvil pueda describirla, aunque la fuerza de rozamiento entre las ruedas y el asfalto sea nula.



**FIGURA 3.** Esquema de las fuerzas actuantes sobre un automóvil que se desplaza a lo largo de una curva (a) sin peralte y (b) con peralte.

Si las curvas se construyeran sin ángulo de peralte, es decir horizontales, la única fuerza responsable de acelerar radialmente al vehículo es la de rozamiento entre las ruedas y el asfalto, como muestra la figura 3(a). El máximo valor de la fuerza de rozamiento es la de rozamiento estática máxima  $f_{roz,máx} = \mu_e N$  que, para este caso, es  $f_{roz,máx} = \mu_e mg$ . Esta fuerza es la responsable de acelerar radialmente al vehículo para que pueda describir la curva de radio  $R$  con cierta rapidez constante  $V_T$  (velocidad tangencial). Por la segunda ley de Newton se deduce que  $\mu_e = V_T^2 / (gR)$ . Se sabe que el valor de  $\mu_e$  depende de las condiciones climáticas y del estado de los neumáticos, por lo que puede ser menor que el requerido para que un

vehículo que ingresa a la curva con rapidez  $V_T$  corra el riesgo de desplazarse radialmente (resbalar o derrapar) sobre la carretera.

Para evitar lo anterior, las curvas se construyen con ángulo de peralte, elevando el borde exterior respecto del interior de la misma. Esto permite que, aún para los casos en que la fuerza de rozamiento sea muy pequeña, la componente radial de la fuerza normal pueda acelerar radialmente al vehículo (aceleración centrípeta) como muestra la figura 3(b). En la dirección radial se tiene  $N \sin \alpha = ma_N$  y en la dirección vertical  $N \cos \alpha = mg$ . Por lo tanto, se llega a que  $\tan \alpha = V_T^2/(gR)$ . Es decir, el ángulo de peralte queda determinado por el radio de la curva y la rapidez (máxima) a la que el móvil debería ingresar a la misma. De esta manera se logran condiciones más seguras para circular en una ruta.

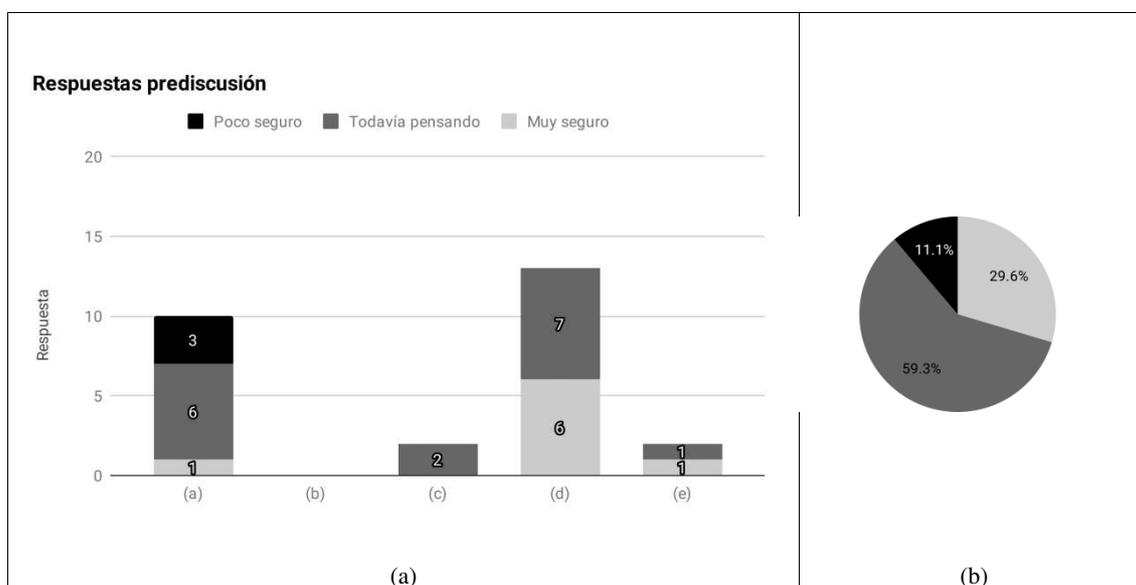
**B. Situación sobre movimiento traslacional**

Se presenta la siguiente situación problemática a los alumnos:

*Una persona empuja una caja que se halla apoyada en un piso horizontal. A partir de la misma se requiere analizar y expedirse sobre las siguientes afirmaciones para la situación planteada:*

- a) La caja se mueve hacia adelante porque la persona la empuja hacia adelante con una fuerza levemente mayor a la fuerza que ejerce la caja sobre la persona en sentido contrario.*
- b) Como la acción siempre es igual a la reacción, la persona no puede empujar la caja. La caja empuja hacia atrás tan fuerte como la persona hacia adelante, por lo tanto, no hay movimiento.*
- c) La persona logra mover la caja porque le da un empujoncito durante el cual la fuerza sobre la caja es momentáneamente mayor que la fuerza que ejerce la caja sobre la persona.*
- d) La fuerza que ejerce la persona sobre la caja es tan intensa como la fuerza de la caja sobre la persona, pero la fuerza de rozamiento sobre la persona es hacia adelante y grande mientras que la fuerza de rozamiento hacia atrás sobre la caja es chica.*
- e) La persona puede empujar la caja hacia adelante sólo si pesa más que la caja*

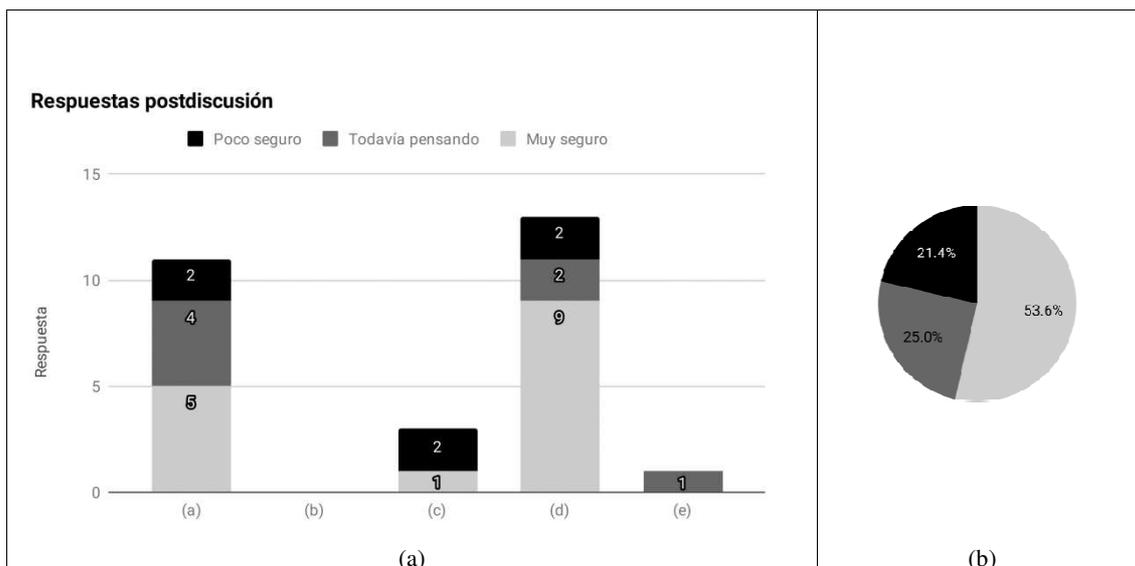
La respuesta correcta es la (d); a continuación, en las figuras 4(a) y (b) y 5(a) y (b) se muestran las distribuciones de respuestas y grados de confianza registrados antes y después de la discusión entre pares, contabilizando nuevamente todas las respuestas en el período 2016-2019.



**FIGURA 4.** Distribución de (a) respuestas y (b) grados de confianza de los estudiantes después de la discusión entre pares, se contabilizan las respuestas obtenidas en diferentes cuatrimestres del período 2016-2019.

A partir del análisis de los gráficos se observa nuevamente que existe un aumento tanto de respuestas correctas como de nivel de confianza, luego de llevarse a cabo la discusión entre pares.

Para avanzar en el análisis de esta situación se solicita a los estudiantes realizar por separado el diagrama de cuerpo aislado para la mujer y para la caja y luego unificar el sistema en el que se cancelan las fuerzas de contacto.



**FIGURA 5.** Distribución de (a) respuestas y (b) grados de confianza de los estudiantes después de la discusión entre pares, se contabilizan las respuestas obtenidas en diferentes cuatrimestres del período 2016-2019.

Sobre la mujer actúan las fuerzas: peso (atracción gravitacional terrestre), normal (fuerza de vínculo entre la mujer y la superficie de contacto en dirección normal), de rozamiento hacia adelante (fuerza de vínculo entre la mujer y la superficie de contacto en dirección tangencial), y la que ejerce la caja sobre su mano.

Sobre la caja actúan las fuerzas exteriores: peso, normal, rozamiento hacia atrás, y la que ejerce la mujer sobre la caja.

Si se considera al sistema físico consistente en la mujer más la caja, las fuerzas de contacto entre ambos pasan a ser fuerzas interiores del sistema y se cancelan por la tercera ley de Newton. Las únicas fuerzas externas, en la dirección horizontal y de sentidos opuestos, son: la de rozamiento que ejerce el piso sobre la mujer y sobre la caja en dirección tangencial.

Con esta situación los estudiantes pueden notar que la fuerza que permite que la mujer arrastre la caja es la de rozamiento y que esta fuerza, como muchas veces se cree, “no siempre se opone al movimiento”. La fuerza de rozamiento “se opone al movimiento relativo de las superficies en contacto” (Concari y otros, 1995), en este caso el pie de la mujer al caminar se iría hacia atrás si no existiera la fuerza de rozamiento que le permite caminar hacia adelante. Esta situación da lugar al análisis de otras situaciones diversas en las que se puede enfatizar que la fuerza de rozamiento no se opone al movimiento, sino al movimiento relativo entre las superficies en contacto, y que en ciertas ocasiones su efecto es deseable para variar el estado de movimiento de un sistema físico Concari y otros (1995).

## V. REFLEXIONES

Durante el período 2016-2019 se han implementado clases basadas en la metodología de instrucción entre pares a través de preguntas conceptuales. En cuanto al análisis y estudio de las fuerzas de rozamiento se utilizaron preguntas disparadoras, luego de las cuales se observó que tanto el número de respuestas correctas como los grados de confianza al responder aumentaron luego de la discusión entre pares, lo cual alienta a seguir implementando esta modalidad de enseñanza y aprendizaje en Física I.

A partir de estas actividades se puede inferir que los alumnos asumen que los efectos que pueden producir estas fuerzas pueden ser retardadores o aceleradores del movimiento en los sistemas físicos.

El fenómeno de fricción generalmente se desarrolla en las clases de física y en los libros de texto generando en los estudiantes cierta conceptualización asociada a efectos no deseados de la misma en los movimientos. Para contrarrestar esto, a través del planteo de situaciones como las que se presentan en este trabajo se busca propiciar en los estudiantes una conceptualización más amplia del fenómeno de fricción que les permita el análisis de otras situaciones de interés; es decir, conceptualizar a la fuerza de rozamiento como una fuerza de contacto que no siempre se opone al movimiento de un cuerpo en particular, sino al movimiento relativo entre las dos superficies en contacto y cuya acción es requerida en algunos casos (como el del automóvil que gira o una persona que camina sobre un suelo rugoso) para que el movimiento requerido sea posible.

Otra idea predominante que introducen los libros de texto sobre las fuerzas de rozamiento, es el de tratarla como la fuerza no conservativa “típica”. Es decir, una fuerza que al efectuar trabajo disipa “energía”, cuando en realidad no se puede hablar de pérdida de energía si no establece el sistema en estudio.

Por ejemplo, en el caso de 2 superficies con movimiento relativo entre ellas y fuerzas de fricción, si se analiza el conjunto de los 2 cuerpos cuyas superficies friccionan como un sistema aislado adiabáticamente del entorno, las fuerzas de fricción son internas al sistema y no produce pérdida de energía, solo transformación de la misma.

Mediante el empleo de preguntas conceptuales disparadoras implementadas mediante la metodología IP, en un ambiente de aprendizaje colaborativo y en forma análoga a la forma de trabajo aquí presentada, también se puede abordar el análisis energético de la acción de las fuerzas de fricción, buscando una conceptualización más amplia del trabajo ejercido por una fuerza de rozamiento, desde el punto de vista de la conservación de la energía de un sistema en estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo en el marco del proyecto CAI+D–UNL N°: 50120150100122LI.

## REFERENCIAS

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1991). *Psicología educacional, un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.

Budini, N., Giorgi, S., Sarmiento, L., Cámara, C., Carreri, R., Marino, L. y Gómez, C. (2016). Implementación de actividades colaborativas en las clases de Física del ciclo inicial universitario. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28 (Extra), 187-195.

Budini, N., Giorgi, S., Sarmiento, L., Cámara, C. y Carreri, R. (2017). Actividades colaborativas sobre conceptos de mecánica en sistemas físicos no puntuales. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29 (Extra), 287- 296.

Budini, N., Marino, L., Carreri, R., Cámara, C. y Giorgi, S. (2018). Percepciones de estudiantes luego de implementar “Instrucción entre Pares” en un curso de Física I. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30 (Extra), 141- 149.

Calzadilla, M. E. (2002). Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1(10), 1–10.

Concari, S., Giorgi S. y Pozzo, R. (1995). La fuerza de rozamiento: ¿efecto retardador o acelerador del movimiento? *Memorias de la IX Reunión Nacional de Educación en Física*(468-476). 18-22 de septiembre, Salta, Argentina.

Concari, S., Pozzo, R. y Giorgi., S. (1999). Un estudio sobre el rozamiento en libros de física del nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 273 - 280.

Kattmann, U. (2008). Learning biology by means of anthropomorphic conceptions? En Hamman, M. y otros (Eds.), *Biology in context: Learning and teaching for the 21 century*. London: Institute of Education - University of London.

Mazur, E. (1997). *Peer Instruction. A User's Manual*. Estados Unidos: Prentice Hall.

Vigotsky, L. (1989). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.