

# Enseñanza de las fuerzas de rozamiento a través de la resolución de problemas, el diseño y la planificación de experiencias simuladas por parte de estudiantes

Teaching frictional forces through problem solving, design and planification of simulated experiences by students

María Clara Zonana<sup>1\*</sup> y Lilia Micaela Dubini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo, Padre Jorge Contreras 1300. Parque General San Martín, CP 5500, Mendoza, Argentina.

\*E-mail: [mclaritazonana@gmail.com](mailto:mclaritazonana@gmail.com)

## Resumen

Se relata una experiencia de aula llevada a cabo en un curso de 32 estudiantes de quinto año de educación secundaria (Bachiller en Ciencias Naturales) en el Colegio Universitario Central "Gral. José de San Martín". Se propuso a los estudiantes la resolución de un trabajo práctico grupal en el cual debían planificar y ejecutar una serie de ensayos simulados mediante un simulador PhET y comunicar en un breve informe qué son y cómo se comportan las fuerzas de rozamiento. La actividad resultó motivadora para los estudiantes debido a la originalidad del problema, el uso de TIC y la resolución en grupos. Se detectaron dificultades a la hora de planificar las experiencias simuladas, principalmente en la selección de variables a modificar y de información a recopilar.

**Palabras clave:** Fuerzas de Rozamiento; Simulaciones; Resolución de Problemas.

## Abstract

A classroom experience carried out in a course of 32 students in the fifth year of secondary education (Bachelor of Natural Sciences) at the Colegio Universitario Central "Gral. Jose de San Martin" is related. Practical work was proposed to the students to be solved in groups, in which they had to plan and execute a series of simulated tests using a PhET simulator. They had to communicate in a brief report how friction forces act. The activity was motivating for the students due to the originality of the problem, the use of ICT, and the group resolution. Difficulties were detected for planning the simulated experiences, mainly in the selection of variables to modify and information to collect.

**Keywords:** Friction Forces; Simulations; Problem Resolution.

## I. INTRODUCCIÓN

La siguiente experiencia de aula relata la implementación de un trabajo práctico grupal como evaluación en un curso de quinto año de escolaridad secundaria, de 32 estudiantes, del Colegio Universitario Central "Gral. José de San Martín" (Bachillerato en Ciencias Naturales), Ciudad de Mendoza, Mendoza. Este trabajo práctico consistió en la elaboración de una serie de "ensayos simulados" por parte de los estudiantes para el aprendizaje de conceptos relacionados

a dinámica, en particular, a las fuerzas de rozamiento, y el desarrollo de la capacidad de resolución de problemas, así como el pensamiento crítico y el trabajo colaborativo. Para ello, se hizo uso principal del simulador PhET “Fuerzas en 1 Dimensión” (<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/forces-1d>).

La motivación para llevar a cabo dicha práctica fue proponer una instancia de evaluación distinta a la que los estudiantes están acostumbrados que, con la utilización de las TIC y un problema abierto, se lograra predisposición y motivación por parte de los estudiantes.

El objetivo principal que los estudiantes debían alcanzar fue diseñar una “experiencia simulada” a partir de la cual aplicaran sus conocimientos de fuerzas de rozamiento y analizaran la dependencia de la misma con la fuerza normal y los coeficientes de rozamiento (estático y dinámico) para el caso de rozamiento entre superficies sólidas. El propósito principal de esta actividad fue lograr que los estudiantes fueran capaces de diseñar esta experiencia simulada siguiendo una metodología similar a la empleada para el diseño de una experiencia de laboratorio, adaptando lo que Caamaño *et al.* (2011) clasifican como *investigaciones para profundizar en la comprensión de las teorías* al uso de un simulador. Para ello, se organizó la actividad en las siguientes fases propuestas por Caamaño *et al.* (2011): *planificación, realización, evaluación y comunicación*. Así mismo, como propósito secundario y objetivo del presente trabajo se pretende evaluar la aplicación de dicho trabajo práctico en función del análisis de los resultados obtenidos. Para ello se evaluará la capacidad de los estudiantes para: elegir variables a modificar pertinentes; elegir la información a recopilar y comunicar los resultados obtenidos.

Esta propuesta surge dentro de las “Prácticas Educativas en Física” correspondientes a la carrera del Profesorado en Ciencias Básicas con orientación en Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo). Dicha práctica se realizó en modalidad virtual debido al contexto de enseñanza remota de emergencia debido a la pandemia por covid-19. En ellas, se trabajó con el concepto y el modelo matemático de las fuerzas de rozamiento durante 5 clases sincrónicas de 40 minutos cada una. Se utilizó como herramienta principal el simulador PhET “Fuerzas y movimiento: intro” ([https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_es.html)) para la construcción del conocimiento acerca de fuerzas de rozamiento (entre superficies sólidas) y con el objetivo de que los estudiantes pudieran familiarizarse con los simuladores PhET. Durante las distintas clases se utilizaron diversos recursos didácticos como imágenes, videos, notas periodísticas, y juegos. El trabajo práctico evaluativo fue presentado al final de la secuencia correspondiente a fuerzas de rozamiento.

## II. MARCO TEÓRICO Y JUSTIFICACIÓN

Para Caamaño *et al.* (2011)

*...los trabajos prácticos constituyen una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias por permitir una multiplicidad de objetivos, entre ellos la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos y prácticos y la comprensión procedimental de la ciencia.*

El Diseño Curricular de Educación Secundaria de los colegios de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo) establece como competencias básicas comunes a trabajar, entre otras, la resolución de problemas y la producción de textos. Por su parte, Sanmartí (1997) explica que

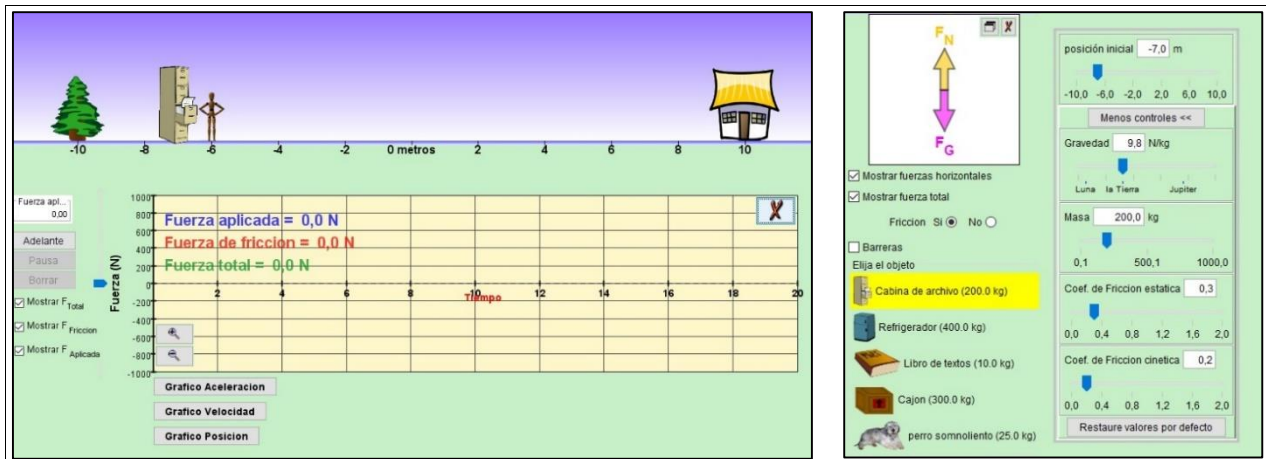
*...el trabajo en grupo favorece a todo tipo de estudiantes, tanto a los que tienen dificultades de aprendizaje (porque el pequeño grupo facilita la expresión de sus dudas y puntos de vista) como a los que no (porque la necesidad de explicitar los propios razonamientos obliga a concretarlos y desarrollarlos de manera lógica, escogiendo las palabras más adecuadas).*

Es por ello que el presente trabajo práctico se planteó como un trabajo práctico grupal, en donde los estudiantes debían producir una serie de ensayos simulados y la posterior elaboración de un pequeño informe para comentar los resultados obtenidos. La elección de utilizar un simulador se justifica en lo que explican Caamaño *et al.* (2011): “una simulación puede llevar a los estudiantes a preguntarse: «¿qué pasaría si...?». Es decir, podemos involucrar a los alumnos en un proceso de indagación; los alumnos pueden explorar el papel de cada uno de los parámetros”.

## III. METODOLOGÍA

La presente experiencia de aula fue llevada a cabo en el Colegio Universitario Central “Gral. José de San Martín” (CUC) de la provincia de Mendoza, como parte de una evaluación grupal realizada a estudiantes de quinto año de escolaridad secundaria, del Bachiller de Ciencias Naturales. En ella, se les propuso a los estudiantes diseñar y planificar una serie de ensayos con el simulador PhET “Fuerzas en 1 Dimensión” (<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/forces-1d>).

1d) que sirvieran para luego comentarle a otro compañero qué son y cómo actúan las fuerzas de rozamiento (analizando únicamente el caso de rozamiento entre superficies sólidas).



**FIGURA 1.** Izquierda. Se muestra la imagen que se visualiza al abrir el simulador PhET “Fuerzas en 1 Dimensión”. Dicho simulador permite observar cuatro gráficos distintos: fuerzas (t); aceleración (t); velocidad (t) y posición (t). La magnitud de la fuerza aplicada se puede variar a lo largo de toda la simulación. Derecha. Se visualizan el diagrama de cuerpo libre que ofrece el simulador y las variables que permite modificar.

El trabajo práctico propuesto constaba de dos partes. En la primera de ella (Parte A - Identificación) se les pidió a los estudiantes que identificaran los gráficos, datos y diagramas que la simulación les permitía visualizar y las variables que esta les permitía modificar. Para ello se les adjuntó una tabla en donde pudieran identificar cada una de estas.

La segunda parte de este trabajo práctico evaluativo (Parte B – Planificación y ejecución de una experiencia simulada) se les propuso a los estudiantes la siguiente situación no realista:

*E. T. (personaje ficticio del clásico del cine “E. T., el extraterrestre”) vuelve al planeta Tierra, pero esta vez en calidad de estudiante de intercambio del CUC. Esta mañana la temperatura era muy baja y había escarcha en la vereda y patios de la escuela. E.T. se resbaló y no entendió por qué le había pasado, ya que, si bien tuvo la experiencia de vivir en nuestro planeta, desconoce las leyes de la física, y en particular, lo que son las fuerzas de rozamiento (suponemos que E. T. viene de un universo paralelo en donde la naturaleza se comporta de otra manera). Como buenos compañeros, le quieren explicar cuál es la naturaleza de esta fuerza particular y cómo se comporta entre superficies sólidas. Para eso, deciden planificar y ejecutar una experiencia simulada con el simulador PhET “Fuerzas en 1 Dimensión”, recolectar datos y sacar conclusiones para poder presentárselas a E.T.*

Esta segunda parte del trabajo práctico estuvo a su vez dividida en 3 secciones. La Parte B1 estuvo dedicada a la planificación de la experiencia simulada. En primer lugar, se les indicó a los estudiantes una serie de preguntas “planteadas por E.T.” para que tuvieran en cuenta a la hora de planificar sus ensayos simulados. Las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Qué nos indica el concepto físico fuerzas? ¿Existen leyes físicas que describan su comportamiento o su efecto sobre los cuerpos? ¿Cuáles son?
- ¿Las fuerzas son magnitudes vectoriales o escalares?
- ¿Cómo son causadas y qué efecto tienen sobre los cuerpos las fuerzas de rozamiento? ¿Sólo actúan entre superficies sólidas?
- ¿Qué diferencia hay entre rozamiento estático y rozamiento dinámico?
- ¿Qué modelo matemático describe las fuerzas de rozamiento entre superficies sólidas?
- La fuerza de rozamiento cinético entre superficies sólidas... ¿depende de la velocidad del objeto? ¿Y del área de contacto?

Luego, a partir del reconocimiento de las variables que el simulador permite modificar, se les pidió a los estudiantes que eligieran como mínimo dos variables a modificar, y planificaran cuatro ensayos simulados: dos ensayos por variable a modificar. Para ello, se les adjuntó una tabla como la que se muestra a continuación.

**TABLA I.** Modelo de tabla adjuntada en el trabajo práctico evaluativo para la instancia de planificación de la experiencia simulada – elección de variables a modificar y variables a mantener fijas.

Ensayo N°	Variable a modificar	Variable/s a mantener fija/s	Resultados esperados
1			
2			
3			
4			

Por último, en esta instancia de planificación de la experiencia simulada, se les pidió a los estudiantes que eligieran de los gráficos, diagramas y datos que el simulador les ofrecía, cuáles iban a recopilar para sus ensayos simulados. Debían aclarar sus elecciones en una tabla como la que se muestra a continuación.

**TABLA II.** Modelo de tabla adjuntada en el trabajo práctico evaluativo para la instancia de planificación de la experiencia simulada – elección de gráficos, diagramas y datos a recopilar.

Ensayo N°	Gráfico/s a recopilar	Diagrama/s a recopilar	Datos a recopilar
1			
2			
3			
4			

La Parte B2 consistía en la ejecución de los ensayos simulados anteriormente planificados. Para ello, se les adjuntó una ficha que debían completar por cada ensayo realizado. La ficha se muestra en la figura 2.

**B2 – Ejecución – Ficha de datos**

*El siguiente paso es la ejecución de los ensayos simulados que planificaron. Para ello, les adjunto una ficha que deberán llenar para CADA ensayo simulado (es decir, deberán entregar las 4 fichas, en caso de que hayan realizado 4 ensayos simulados).*

**Ensayo N° :**

*Antes de ejecutar la simulación, complete los datos correspondientes al ensayo N°...*

<b>Variable a modificar:</b>	<b>Valor:</b>
<b>Variables a mantener fijas</b>	<b>Valores</b>

**Resultados esperados:**

*Ejecuten el ensayo.*

*Estén atentos a los gráficos, esquemas y datos que van a recopilar. Recuerden que la simulación comenzará una vez que aprieten el botón "Adelante" en el panel izquierdo. Pueden pausar la simulación con el botón "Pausa" del panel izquierdo. Pueden observar nuevamente la simulación, cuantas veces consideren necesario, con el botón "Reproducir" del panel inferior.*

**Resultados OBTENIDOS:**

*En esta sección deberán incluir gráficos, diagramas y datos obtenidos una vez que ejecutaron la simulación. Pueden organizar toda esta información de la forma que consideren más conveniente (tablas o esquemas).*

**Observaciones extra:**

*En esta sección podrán incluir cálculos extra que hayan realizado, así como cualquier otro comentario relacionado al ensayo ejecutado.*

**FIGURA 2.** Ficha que los estudiantes debían completar para cada ensayo simulado ejecutado.

Por último, en la Parte B3, se les pidió a los estudiantes que elaboraran un pequeño informe en donde se diera respuesta a las dudas “planteadas por E.T.” (en la parte B1) relacionando lo que han estudiado sobre dinámica y fuerzas

de rozamiento y lo realizado en los ensayos simulados. La consigna de dicha parte fue la siguiente:

*Llegó el momento de comentarle los resultados obtenidos a E.T. Para ello, deberán elaborar un pequeño informe en donde comenten qué conceptos teóricos se encuentran involucrados en la experiencia simulada, qué resultados esperaban obtener del mismo, cuántos ensayos realizaron, qué variables modificaron y qué resultados obtuvieron. El informe no debe contener más de una carilla (tengan en cuenta que E.T. podrá leer las fichas de los diferentes ensayos, por lo que pueden comentarle qué fichas leer para entender lo que quieran expresar). Recuerden que deben contestar las dudas planteadas por E.T. a partir de los resultados que obtuvieron.*

Los estudiantes debían formar grupos de 3 a 5 compañeros para resolver y entregar el trabajo práctico. Contaron con dos semanas para su resolución y la oportunidad de consultar al final de cada clase las dudas que fueran surgiendo a medida que desarrollaban el mismo. Además, contaban con un grupo de WhatsApp en el cual podían consultar de manera asincrónica cualquier pregunta que les surgiera.

#### IV. RESULTADOS

Se recibieron nueve trabajos, de los cuales siete de ellos se entregaron completamente, mientras que uno de los trabajos fue entregado sin todas las fichas de datos y el otro fue entregado sin la Parte B3 (de comunicación de los resultados). Todos los trabajos fueron recibidos en la fecha pactada previamente con los estudiantes sin inconvenientes. De los nueve trabajos, seis de ellos aprobaron con nota superior a 70/100 puntos, mientras que dos grupos obtuvieron un puntaje de 65/100 puntos, y solamente uno obtuvo una nota de 45/100 puntos.

Todos los equipos resolvieron sin problema la Parte A – Identificación, sin embargo, la mayoría de las dificultades se hallaron en la sección Parte B1 – Planificación. Cinco grupos lograron elegir variables a modificar pertinentes para el estudio de las fuerzas de rozamiento, eligiendo entre ellas: masa del cuerpo, coeficiente de rozamiento estático, coeficiente de rozamiento dinámico y aceleración de la gravedad. Todos estos equipos eligieron dos variables a modificar para realizar los cuatro ensayos simulados; mientras que el resto de los grupos eligieron más de dos variables a modificar, pero realizando únicamente cuatro ensayos simulados, con lo cual no se pudo apreciar el efecto de modificar cada variable (al comparar al menos dos ensayos en donde se modificara únicamente una variable). Se detectaron además dificultades al elegir qué datos recopilarían para cada ensayo simulado. Seis grupos eligieron una gran cantidad de datos a recopilar que posteriormente no mostraron en la casilla de *Resultados Obtenidos* de la Ficha de datos o no utilizaron para la instancia de Análisis y comunicación de los datos obtenidos. Por ejemplo, eligieron recopilar los gráficos de *aceleración (t)*, *velocidad (t)* y *posición (t)*, siendo que, al comunicar los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, se refirieron únicamente al gráfico de *fuerzas (t)*. Respecto a la Parte B3 – Análisis y comunicación de los datos obtenidos, los estudiantes pudieron comentar el trabajo realizado sin mayores dificultades, relacionando lo estudiado en clase con los ensayos simulados que planificaron y realizaron.

Luego de la corrección y devolución de los trabajos prácticos, se le pidió al curso que respondieran una breve encuesta respecto a la realización del trabajo práctico grupal. Todos los encuestados respondieron que la situación planteada en el trabajo práctico fue original (es decir, no habían realizado antes un trabajo en el cual ellos debieran planificar ensayos simulados para poder explicar algún concepto o procedimiento). Respecto a la complejidad del trabajo práctico, la mitad de los encuestados coincidió en que el mismo no fue sencillo ni complejo, mientras que un 30 % contestó que les resultó complejo, y el resto que les resultó muy complejo. Con respecto a la extensión del trabajo, todos los estudiantes consideraron que el mismo resultó largo, sin embargo, un 80 % de los encuestados respondió que el tiempo brindado fue adecuado para poder resolver el trabajo práctico de manera completa, mientras que un 20 % contestó que el tiempo brindado fue adecuado para resolver el trabajo, aunque no de manera completa. En esta misma encuesta, los estudiantes destacaron la posibilidad de resolver el trabajo grupalmente, resaltando que esto colaboró en la resolución del mismo al brindar un espacio de debate sobre la mejor manera de resolverlo y de explicación de a pares, en donde los estudiantes dicen pudieron comprender conceptos de dinámica a partir de la explicación de sus compañeros. Respecto a las evaluaciones en general, un 60 % de los encuestados respondió que prefiere problemas o ejercicios más guiados o cerrados; mientras que el 40 % restante respondió que prefiere resolver una combinación de problemas cerrados y problemas abiertos.

Se les preguntó de manera particular a algunos estudiantes respecto a sus preferencias por ejercicios cerrados o problemas abiertos. Respecto a quienes prefieren ejercicios cerrados, se eligieron dos testimonios ya que representaban de manera concreta lo que respondieron también sus compañeros:

*Prefiero que sean problemas más cerrados ya que entendemos que los trabajos prácticos generalmente son para verificar algo de manera práctica que hayamos visto antes en la teoría, entonces siento que es mejor cambiar variables que nos hayan dado y con las que se vea perfectamente la verificación de la teoría. (...) Estoy acostumbrado a hacer problemas que tengan sólo una solución correcta.*

*(en los problemas abiertos) hay un montón de formas de resolver y a veces siento que nos gusta más lo cerrado porque sólo hay una forma de hacerlo y entonces no te podés equivocar y es sólo esa. En cambio, en los abiertos hay más margen de error, y como hay muchas formas de hacerlo no sabés si está bien o está mal*

En ambos testimonios se puede leer una interpretación incorrecta respecto a los trabajos prácticos y los problemas abierto. Los primeros, aunque en la práctica suelen utilizarse de esta manera, no son ni deberían ser exclusivamente para verificar lo “estudiado anteriormente en la teoría”. Respecto a los problemas abiertos, si bien existen diferentes maneras de resolverlos, esto no implica una mayor “incerteza” a la hora de resolver los mismos.

Respecto a quienes prefieren una combinación de ejercicios cerrados junto con problemas abiertos, uno de los testimonios fue: *“No suelo hacer problemas abiertos, pero me gusta cuando se me plantean ya que me parecen interesantes de resolver”*.

## V. CONCLUSIONES

La realización de dicho trabajo práctico resultó enriquecedora en diversos aspectos. Para los estudiantes, fue una actividad original que les generó motivación gracias al uso de TIC (simulador para la resolución de un problema) y la posibilidad de resolver el mismo de manera grupal, facilitando el debate y la explicación de a pares. Esto fue explicitado por los estudiantes en la encuesta que se les realizó luego de la devolución de los trabajos prácticos. La crítica general hacia la actividad fue la extensión del trabajo práctico y, para algunos grupos, el enfrentarse por primera vez a un problema abierto, en el cual no hay una única manera de solucionarlo, y los resultados varían según la forma elegida para resolverlo.

Esta actividad puso en evidencia también cuál es la mayor dificultad que tuvo el curso a la hora de resolver el trabajo práctico. La instancia de planificación les resultó complicada; algunos grupos tuvieron problemas para la elección de variables pertinentes a modificar y la mayoría eligió una gran cantidad de datos a recopilar que posteriormente no utilizaron para explicar qué son y cómo actúan las fuerzas de rozamiento (entre dos superficies sólidas). Cuando se les preguntó su opinión acerca del trabajo práctico, manifestaron que no están acostumbrados a resolver este tipo de actividades y que sienten mayor seguridad al resolver ejercicios cerrados, en donde existe una sola respuesta correcta y pueden verificar lo estudiado en las “clases teóricas”.

Para que la presente actividad pueda ser replicada y obtener mejores resultados, creemos que sería pertinente disminuir la extensión del trabajo práctico para que la actividad no resulte cansadora para los estudiantes y puedan mantener la motivación a lo largo de toda la resolución. También consideramos que, si es la primera vez que se trabaja con un problema del tipo abierto, sería positivo realizar mayor intervención en los distintos grupos para guiarlos, por ejemplo, a través de preguntas, principalmente en la parte de elección de variables a modificar e información a recopilar.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al equipo directivo del Colegio Universitario Central “Gral. José de San Martín” y a la profesora Eliana López Cavallotti que gentilmente cedieron el espacio para realizar las Prácticas Educativas en Física.

## REFERENCIAS

Caamaño, A., Ametller, J., Cañal, P., Couso, D., Gallástegui, J. R., Jiménez-Aleixandre, M. P., Justi, R., Pintó, R., de Pro, A., Sanmartí, N. (2011). *Didáctica de la Física y la Química*. Barcelona, España: Graó.

Sanmartí, N., (1997) *Enseñar y Aprender Ciencias: algunas reflexiones*. Barcelona, España.