

# 41

## IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE FUERZA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

### IMPLEMENTATION OF A DIDACTIC SEQUENCE TO THE TEACHING OF THE FORCE CONCEPT TO ENGINEERING STUDENTS

Raúl Cruz<sup>1</sup>

E-mail: [eduaracruz82@gmail.com](mailto:eduaracruz82@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4684-9750>

José Muñoz<sup>1</sup>

E-mail: [jdmunozsimulacion@simulacion.com](mailto:jdmunozsimulacion@simulacion.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8954-4500>

<sup>1</sup> Corporación Universitaria Minuto de Dios. Zipaquirá. Colombia.

#### Cita sugerida (APA, sexta edición)

Cruz, R., & Muñoz, J. (2019). Implementación de una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de fuerza para estudiantes de Ingeniería. *Revista Conrado*, 15(68), 281-284. Recuperado de <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>

#### RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño e implementación de una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de fuerza desde un enfoque cualitativo dirigida a estudiantes de primeros semestres de ingeniería. La secuencia buscó enriquecer el desempeño académico y acercar a la comprensión del concepto de fuerza de los estudiantes de la asignatura Física Mecánica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Zipaquirá. La secuencia propuesta introdujo el concepto de fuerza como elemento central de la teoría del movimiento de Newton a través de experiencias y experimentos demostrativos, videos y applets, llevados al aula a lo largo de seis sesiones. La propuesta se implementó con dos grupos de primeros semestres de ingeniería, uno de la jornada diurna, con 17 estudiantes, y otro de la jornada nocturna, con 12 estudiantes, y se evaluó en un diseño pre-experimental con pretest y postest. El análisis estadístico de los resultados muestra un aumento significativo en el desempeño de los estudiantes para ambos grupos, además no se encuentran diferencias entre los grupos diurno y nocturno pese a que son poblaciones con diferentes características.

#### Palabras clave:

Fuerza, secuencia didáctica, enseñanza, física.

#### ABSTRACT

The present study shows the design and implementation of a didactic sequence to teach the force concept from a qualitative approach for first year engineering students. The sequence aims to enhance students' performance and comprehension of the concepts of force and Newton laws. The specific target population was students of the course Mechanics at the Minuto de Dios University Corporation in Zipaquirá (Colombia). The sequence introduces the concept of Force as the central element of the Newton's laws of motion. Through didactic tools such as experiments, experiences, videos and applets, the proposal was implemented with two groups of first year engineering students: one with a daytime schedule, with 17 students, and another one with a nighttime schedule, with 12 students, in a pre-experimental design with pre- and post-tests. The statistical analysis of the results shows a meaningful improvement in the student's performance and it does not find meaningful statistical differences between the groups although they are populations with different characteristics. A qualitative analysis also shows an improvement in students' motivation to the subject and suggests that more time should be assign to implement the didactic sequence.

#### Keywords:

Force, didactic sequence, teaching, physical.

## INTRODUCCIÓN

Diversos estudios han mostrado que la enseñanza del concepto de fuerza no suele ser exitosa para el alumnado de ingeniería en las asignaturas de mecánica como Mora & Herrera (2009), que analizan los errores conceptuales de los estudiantes de ingeniería entorno al concepto de fuerza al realizar una revisión de la literatura. En efecto, los estudiantes de primeros semestres evidencian una comprensión escasa que revela dificultades conceptuales, ya que ubican fuerzas que no existen, creen que la fuerza de rozamiento siempre es opuesta al movimiento y que la normal siempre apunta en dirección vertical hacia arriba. Dichas creencias persisten, a pesar de que estas temáticas han sido ya abordadas en la educación media (Covian, et al., 2009). Más aún, incluso terminado el curso de mecánica persisten errores conceptuales, como por ejemplo el de introducir fuerzas diferentes al peso que actúan sobre un objeto que ha sido lanzado verticalmente hacia arriba (Clement, 1993). Como posibles causas de esta problemática se ha identificado que algunos docentes imparten el tema utilizando demostraciones matemáticas, ejercicios teóricos, la memorización de definiciones y fórmulas matemáticas y, en menor proporción, prácticas de laboratorio con poca intensidad horaria (Leonard, et al., 2002), actividades todas éstas que poco hacen para construir los conceptos centrales.

Numerosos estudios han señalado en qué consiste el problema. Por ejemplo, Hestenes, Wells & Swackhamer (1992), exponen que el alumnado ha establecido una serie de creencias acerca de fuerza y movimiento derivadas de varios años de experiencia personal que, aunque no son coherentes para todas las situaciones – como sí lo es el conocimiento científico –, le sirven para explicar algunas de ellas.

Una posible solución es trabajar el concepto de fuerza desde un enfoque cualitativo ya que varios estudios han abordado este problema desde este enfoque, como por ejemplo el de Sabella (1999), quien propone una estrategia instruccional para la enseñanza del concepto de fuerza en el estudiante de ingeniería desde un enfoque cualitativo y cuantitativo por solución de situaciones problema. También en la Maestría de la Enseñanza de las Ciencias se han realizado trabajos que aportan en esta dirección, como por ejemplo Mosquera (2012), quien propone la construcción intuitiva de la segunda ley de Newton con estudiantes de grado décimo. Sin embargo, casi todos son a nivel de secundaria, pero son escasos los estudios que abordan dicha problemática en la universidad.

En el presente trabajo se diseña e implementa una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de

fuerza desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo para estudiantes universitarios de jornada diurna y nocturna. Posteriormente se analiza el impacto en el desempeño de los estudiantes como un indicador para un acercamiento a la comprensión del concepto de fuerza.

## DESARROLLO

En la investigación se aplicó un test antes de implementar la secuencia didáctica y el mismo posterior a la aplicación de esta a los dos grupos de estudiantes de segundo semestre de ingeniería: uno diurno de 17 estudiantes y otro nocturno de 12 estudiantes de la asignatura de física Mecánica de la Universidad Minuto de Dios ubicada en la ciudad de Zipaquirá,

### Desempeño de los estudiantes antes y después de la implementación de la secuencia didáctica.

Para analizar un aumento en el desempeño de los estudiantes después de implementar la secuencia didáctica se compararon las respuestas correctas entre el número de respuestas correctas. En la siguiente figura se muestra el diagrama de cajas y bigotes para el pre test y el pos test de los grupos. En este se observa una diferencia positiva que generó la implementación de la secuencia didáctica con el aumento del mínimo, la mediana y el máximo del número de preguntas correctas en el pos test para los dos grupos. Esto sugiere que hubo un aumento significativo entre las pruebas iniciales y finales de los dos grupos (figura 1).

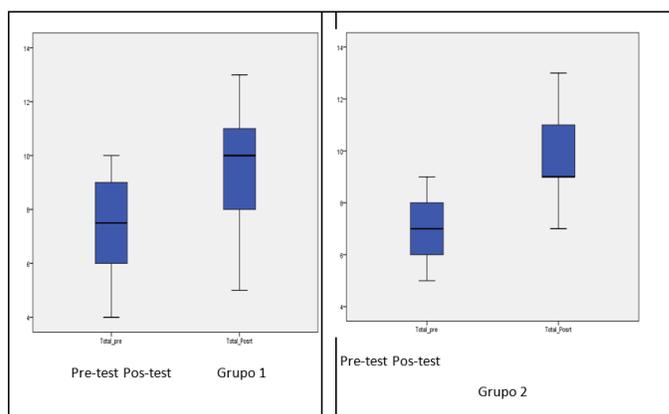


Figura 1. Diagrama caja de bigotes pre-test y pos-test de cada grupo.

### Comparación de resultados entre grupos del pretest y postest

Para determinar qué estadística se puede utilizar, es necesario determinar si los puntajes de cada aplicación distribuyen de manera normal (gausiana). Para ello se

utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, debido a que la muestra es menor a cincuenta datos. Los resultados demuestran en los cuatro casos (tabla 1) un nivel de significancia mayor a 0.05, lo cual implica que el número de respuestas correctas se distribuye normal, tanto en el pre test como en el pos test.

Tabla 1. Prueba de normalidad para pre test y pos test del grupo diurno (1) y grupo nocturno (2).

Grupo	PRUEBA SHAPIRO-WILK	
	Sig.	
Diurno	0,548	
Nocturno	0,243	
Diurno	0,216	
Nocturno	0,188	

Análisis de varianza con un factor ANOVA.

Sabiendo que las varianzas no presentan diferencia significativa, se corre un Anova para saber si hay diferencias significativas intergrupales entre los grupos diurno y nocturno, tanto en el pre test como en el pos test. En el análisis de los datos de la tabla 4-4 se muestra que la significancia para los pre test de los grupos es de 0.601 y para los post-test fue de 0.487 (tabla 2). Esto indica que no hay diferencias significativas entre las calificaciones de los grupos diurno y nocturno, ni para la prueba inicial ni para la prueba final.

Tabla 2. Prueba estadística Anova para el pre test y pos test del grupo diurno (1) y grupo nocturno (2).

		Sig.
Total_pre	Inter-grupos	0,601
Total_Post	Inter-grupos	0,487

### 1. Análisis de desempeño de los estudiantes en el test.

La comparación del pre test y del pos test (Figura 2) pregunta por pregunta da información adicional sobre los temas que mejor se entendieron, así como de los temas que presentan dificultades. En la gráfica se comparan para cada grupo el número de aciertos por pregunta entre el pre test y el pos test en los grupos. Observamos que en dentro de las preguntas que involucraron algún tipo de procedimiento matemático para llegar a la respuesta

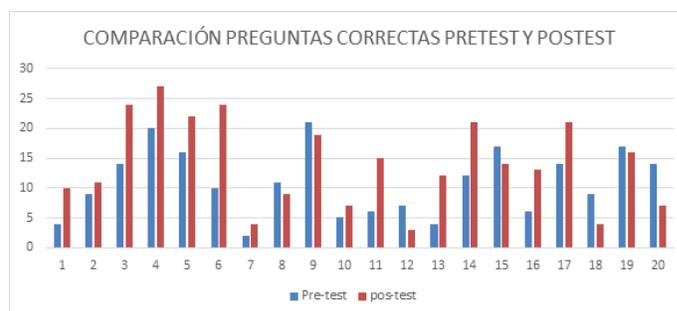


Figura 2. Comparación de preguntas acertadas pre-test y post-test grupo 1.

En la figura se observa que en las preguntas de 1 a la 7 los dos grupos tuvieron un aumento notable en el desempeño en el post-test. Estas preguntas se refieren a la solución algoritmos matemáticos y a situaciones problema que involucran conceptos.

En las preguntas 7 y 8 involucran situaciones problema en la cual requiere análisis de fuerzas, estas tuvieron un menor aumento de respuestas correctas en el postest, en las preguntas 9 y 15, los grupos tuvieron dificultad en acertar la respuesta correcta tanto en el pre-test como en el post-test, estas preguntas abordan las temáticas de la tercera ley de Newton y diagramas de cuerpo libre que involucran un análisis de las fuerzas, en el último grupo de preguntas de la 16 a la 20 se evidencia un bajo desempeño, estas abordan situaciones problemas cuya solución implica procedimientos más elaborados como uso diagrama de fuerzas y solución de sistemas ecuaciones 2x2 para llegar a la respuesta correcta.

Los estudiantes en general tuvieron mejor desempeño en el pos test lo cual evidencia un acercamiento a la comprensión del concepto de fuerza en el contexto de las leyes de la Newton después de la implementación de la secuencia didáctica según muestran los análisis de los datos y gráficos estadísticos analizados en los diagramas de bigotes y de tendencia central. Al analizar algunos estudios como por ejemplo Savinainen (2004), el cual realiza el mismo tipo de análisis al aplicar una secuencia didáctica del concepto de fuerza, pero en estudiantes de nivel de secundaria se observan resultados similares con el realizado, esto puede indicar que uno de los caminos para introducir el concepto de fuerza puede ser de forma cualitativa y posteriormente avanzar a la parte cuantitativa. Por otro lado, Mora & Herrera (2009), hablan acerca de errores conceptuales sobre el concepto de fuerza y las leyes de Newton muestra que los estudiantes pese a tener una instrucción los errores conceptuales persisten sin embargo en este trabajo se evidencio que aquellas preguntas que analizaban estos preconceptos tuvieron un mejor desempeño en el postest.

## CONCLUSIONES

Los resultados estadísticos muestran que los dos grupos pese a tener características diferentes ya que el grupo de la noche son estudiantes que han dejado de estudiar por largos periodos tiempo, también en la mayoría trabajan en contra jornada, en contraste los estudiantes de la jornada diurna son estudiantes que recién han terminado los estudios de educación media y la mayoría se dedica exclusivamente a estudiar o en algunos casos trabajan los fines de semana pese a estas diferencias se obtuvieron una mejoría similar en el pos test después de la implementación de la unidad didáctica, esto muestra que las actividades realizadas en las sesiones acercaron a los estudiantes de los dos grupos a la comprensión del concepto de fuerza.

La secuencia didáctica generó un aumento de la motivación por parte de los estudiantes. Prueba de ello fue la participación activa en las diferentes dinámicas propuestas en clase, que incluyeron predicciones sobre experimentos y experiencias demostrativas, puestas en común de las creencias en torno a determinados conceptos a partir de la descripción histórica del concepto de fuerza y puestas en común de su interpretación de fenómenos observados a través de videos o mediante la manipulación de las simulaciones.

La implementación de la secuencia didáctica evidencia la importancia de iniciar el acercamiento a las leyes de Newton a partir de una aproximación cualitativa, pues algunos de los conceptos se aprenden correctamente sin necesidad de operaciones matemáticas debido a que en el análisis del desempeño del test se evidencia que aquellas preguntas que involucraban procedimientos matemáticos para su solución tuvieron un menor desempeño. Sin embargo, los resultados muestran también la necesidad de reforzar las bases matemáticas, pues las preguntas que requerían de manejo de ecuaciones para hallar la respuesta correcta tuvieron un pobre desempeño tanto en el pre test como en el pos test.

Otra limitación importante está la relacionada con el tiempo de implementación, pues el tema de leyes de Newton está programado en la asignatura de física mecánica para solo tres sesiones, incluyendo las prácticas de laboratorio, lo que es demasiado poco para lograr un cambio conceptual en los estudiantes, más aún cuando vienen con muchas ideas previas que dificultan la construcción de un modelo correcto de predicción.

Como sugerencia a futuros trabajos en la misma línea se sugieren reforzar el manejo algebraico y herramientas matemáticas previas a la implementación secuencia

didáctica para fortalecer la parte cuantitativa del concepto de fuerza cuando se aborda en la secuencia didáctica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257. Recuperado de [http://people.uma-ss.edu/~clement/pdf/using\\_bridging\\_analogies.pdf](http://people.uma-ss.edu/~clement/pdf/using_bridging_analogies.pdf)
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158. Recuperado de <http://modeling.asu.edu/R&E/FCI.PDF>
- Leonard, W, Y., Gerace, W., & Dufresne, R. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento. El foco de la enseñanza de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 387-400. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21828/21661>
- Mora, C., & Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 72 -86.
- Mosquera, Y. (2012). La segunda ley de Newton: propuesta didáctica para estudiantes del grado décimo de educación media de la escuela normal superior de Neiva. (Tesis de Maestría). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Sabella M. (1999). Using the context of physics problem solving to evaluate the coherence of student knowledge. (Tesis doctoral). College Park: Universidad de Maryland.
- Savinainen, A. (2004). High School Students' Conceptual Coherence of Qualitative Knowledge in the Case of the Force Concept. *Nordina*, 1(2), 2-5. Recuperado de <https://www.journals.uio.no/index.php/nordina/article/view/501>