

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROBLEMA PARA EVALUAR EL APRENDIZAJE DEL TIRO PARABÓLICO

IMPLEMENTATION OF A PROBLEM TO ASSESS THE LEARNING OF THE PARABOLIC SHOT

P. G. Nieto Delgado¹
S. C. Zúñiga Martínez²
E. Zermeño Pérez³

RESUMEN

Se plantea un problema de proyectiles que describe el movimiento de una pelota, la cual sigue una trayectoria característica del tiro parabólico, estableciendo además que la bola busca ser atrapada por un jugador de beisbol que va hacia ella. Se busca evaluar los conocimientos asociados con el movimiento de proyectiles, además de otros como la conversión de unidades y descomposición vectorial. El problema fue resuelto por un total de 89 estudiantes a nivel licenciatura, todos ellos de carreras de ingenierías, en varios niveles. Se analizaron los resultados acerca del nivel de logro en la resolución correcta del mismo en 3 grupos diferentes de estudiantes: Física Básica (FB), Física Intermedia área Mecánica (FIM) y Física Intermedia área Civil (FIC). Lo anterior, con el propósito de indagar al respecto de las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de la Física (Tiro Parabólico-cinemática), en esta primera entrega de la investigación se muestran datos que indican que, aunque muchos de los alumnos obtienen el resultado correcto, ellos no desarrollan la resolución más corta posible.

ABSTRACT

A projectile problem is proposed that describes the movement of a ball, which follows a characteristic trajectory of the parabolic shot, also establishing that the ball seeks to be caught by a baseball player who is going towards it. It seeks to evaluate the knowledge associated with the movement of projectiles, in addition to others such as the conversion of units and vector decomposition. The problem was solved by a total of 89 undergraduate students, all of them from engineering careers, at various levels. The results about the level of achievement in the correct resolution of the problem were analyzed based on the 3 different groups of students: Basic Physics (FB), Intermediate Physics in the Mechanical area (FIM) and Intermediate Physics in the Civil area (FIC). The comparison is with the purpose of inquiring about the difficulties of students in learning Physics (Parabolic Shooting -Kinematic), this first installment of the investigation shows us data that indicate that, although many of the students obtain the correct result, they don't develop the shortest possible resolution.

ANTECEDENTES

El uso de problemas en la formación de los estudiantes universitarios de ciencias e ingenierías ha sido siempre una parte importante del trabajo realizado por docentes y estudiantes. En muchos casos, lo cual ocurre también en el aprendizaje de la Física se ha priorizado y sistematizado el proceso de resolución de problemas, lo que resulta en dificultades, debido a que las concepciones iniciales del problema y el proceso de resolución pueden diferir notablemente (Gil, *et al.*, 1987). Sin embargo, la labor docente es dinámica y aunque se sigue usando la resolución de problemas como instrumento de

¹ Profesor de Asignatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Departamento Físico Matemático y Facultad de Ingeniería. guillermo.nieto@uaslp.mx

² Profesor de Asignatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Departamento Físico Matemático y Facultad de Ingeniería. soraida.zuniga@uaslp.mx

³ Profesor Investigador de Tiempo Completo. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Área Mecánica y Eléctrica. enrique.zermeño@uaslp.mx

evaluación y medición del aprendizaje de la Física trata de usarse dentro de un contexto real, que resulte más atractivo e interesante para los estudiantes de hoy en día (Martínez, *et al.*, 2020)

Las investigaciones sobre dificultades en la resolución de problemas aparecen relacionadas con factores muy diversos: Dificultades asociadas a la comprensión del enunciado, dificultades asociadas a la falta de conocimientos específicos de los alumnos, dificultades en la estrategia de resolución y dificultades asociadas a estructuras cognitivas y características personales.

De acuerdo con Elizondo (2013), las dificultades que manifiestan los alumnos para comprender los enunciados de problemas de Física se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Dificultades para identificar los datos relevantes del problema
2. Dificultades para comprender los significados de los datos
3. Dificultades para contextualizar los conceptos de la Física
4. Dificultades para transcribir al lenguaje matemático los datos del problema
5. Dificultades por deficiencias en sus habilidades matemáticas
6. Dificultades para transcribir al lenguaje de la Física los datos de la solución del problema

En el trabajo de investigación de Oñorbe y Sánchez (1996) se mostró que los estudiantes perciben que en la Física es más difícil los problemas que la teoría, además, se concluye que los estudiantes asignan la máxima dificultad a los procedimientos de resolución y a la incomprensión de los enunciados. Admiten, moderadamente, su responsabilidad y atribuyen escasa influencia en su fracaso a los errores de cálculo, o bien, el no entenderlos en clase.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es analizar los resultados de un reactivo del tema de Física (Cinética) de Tiro Parabólico o Movimiento de proyectiles, implementado y evaluado a diversos grupos de estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (FI-UASLP), evaluando el nivel de comprensión de este, esto con el fin de analizar el grado de comprensión y correlacionar con la base académica de cada grupo analizado.

Pregunta de investigación

¿Cuál es resultado en cuanto al nivel de logro en la resolución de un problema de Física, usando el tema de Tiro Parabólico o Movimiento de proyectiles (Cinemática)?

Justificación

Existen reportadas en la literatura, investigaciones acerca de las dificultades en el aprendizaje de la Física en diferentes contextos y como se manifiestan estos en la resolución de problemas. La presente investigación trata de abundar al respecto de estas dentro del contexto de los cursos de Física que se imparten los estudiantes de ingeniería de la FI-UASLP a través de la aplicación de un problema del tema de Tiro Parabólico o

Movimiento de proyectiles (Cinemática), el cual es parte del primer curso introductorio que llevan los estudiantes de la FI-UASLP en su formación universitaria.

Es pertinente, mencionar que, la idea del planteamiento de un reactivo de esta índole fue principalmente con el fin de evaluar la mayor cantidad de conceptos posibles con un solo reactivo, esto ante a la necesidad de acortar los tiempos de las sesiones de evaluación en el modo en línea e híbrido. Para realizar una comparativa en la resolución de dicho problema se aplica el mismo problema a estudiantes de cursos de Física de semestres más avanzados. Se considera esta primera entrega, como un comienzo de la investigación, dando paso a otras en posteriores artículos.

METODOLOGÍA

Con el fin de evaluar los conceptos relacionados con cinemática iniciales del curso de Física inicial a nivel licenciatura en carreras de ingeniería, se planteó un reactivo que incluyera en mayor o menor medida los siguientes temas: conversiones, vectores, movimiento rectilíneo uniforme, movimiento uniformemente acelerado; todo esto se incluye en un solo problema de tiro parabólico; considerando los datos de la velocidad inicial en la representación vectorial gráfica, además de dar la magnitud de la velocidad en km/h. De igual forma, el movimiento de proyectiles en dos dimensiones incluye movimiento rectilíneo uniforme para el componente horizontal y uniformemente acelerado para la componente vertical, evaluando así, con un solo reactivo varios temas.

Se plantea un reactivo que trata sobre la descripción de un batazo de béisbol, donde la pelota tendrá una velocidad inicial dada en km/h, lo cual implicará el hacer una conversión; de igual forma, dicha velocidad tiene un ángulo inicial lo que conlleva a realizar una descomposición vectorial. Otro dato relevante es que la pelota posee una altura inicial, esto con el fin de tener una trayectoria del tiro parabólico asimétrico, lo cual conlleva un análisis mayor con respecto al tiro simétrico. Además, del movimiento de la pelota, se complementa el reactivo con el movimiento de un jardinero (persona que trata de alcanzar la pelota sin ésta llegue al piso) que trata de atrapar la bola, dicho jardinero se mueve con rapidez constante, y está a cierta distancia del lugar en el que caerá la pelota.

El reactivo consta de dos incisos, el primero pregunta si es capaz el jardinero de atrapar la pelota antes de que llegue al piso, para la solución se prospectaba que los alumnos calcularan los tiempos de llegada, tanto de la pelota como el del jardinero al lugar en donde caerá la pelota y hagan una comparación entre ellos. Para el segundo inciso se pregunta sobre la velocidad de llegada de la pelota, considerando que ésta pudiera llegar al piso; con esto se busca evaluar si el alumno conoce la diferencia conceptual entre velocidad y rapidez, así como, la capacidad del alumno de transformar las componentes de un vector a una representación gráfica obteniendo la magnitud y dirección. El reactivo planteado enuncia lo siguiente:

“En un partido de béisbol, un bateador hace contacto con una bola, de tal manera que sale con una rapidez de 135 km/h con un ángulo de 57° sobre la horizontal. El jardinero central, arranca de inmediato hacia el sitio donde caerá la bola que se encuentra a 64 m de su posición inicial, con una rapidez de 31 km/h (constante). a) ¿Podrá el jardinero atrapar la

bola antes de que ésta llegue al piso, considerando que la bola parte una altura inicial de 1.2 m? b) ¿Cuál es la velocidad final de la bola?, suponiendo que ésta llega al piso.”

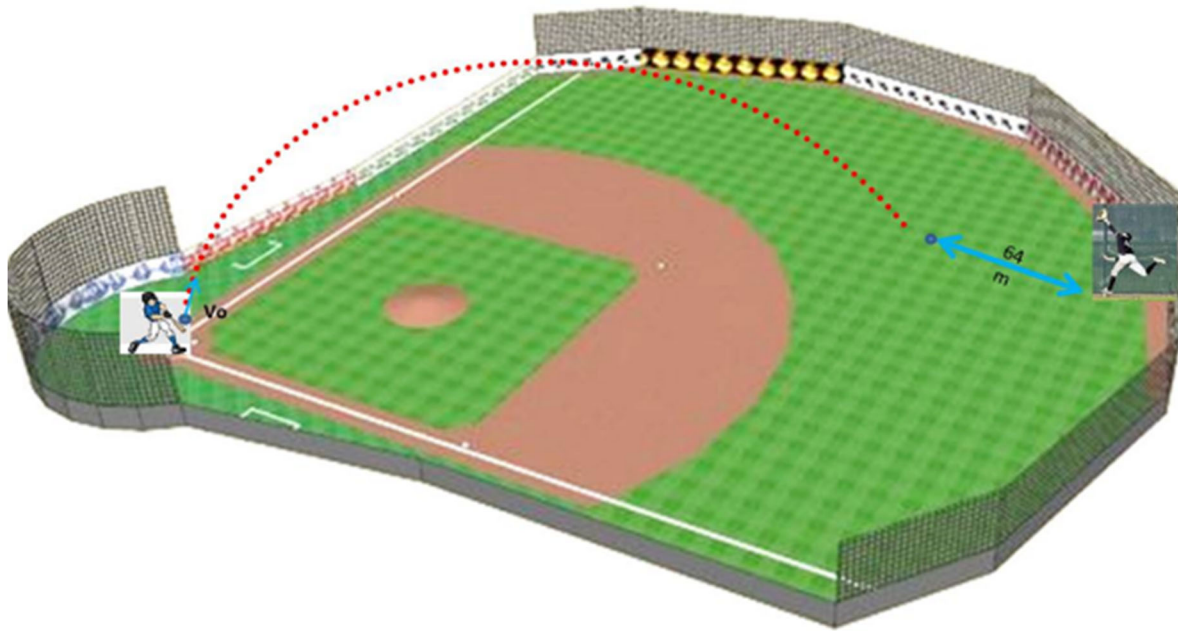


Figura 1. Esquema ilustrativo del reactivo planteado de acuerdo con el enunciado de este

Instrumento de evaluación

Para evaluar el desempeño de la resolución del reactivo por parte de los estudiantes, utilizamos la rúbrica de la tabla, considerándola como adecuada para este problema:

Tabla 1. Rúbrica utilizada para la evaluación del reactivo planteado

Desempeño	5 Avanzado	4 Óptimo	3 Suficiente	2 Básico	1 Insuficiente
Problema Tiro Parabólico	Obtención del tiempo de llegada de la pelota y comparación con el tiempo del jardinero	Planteamiento del tiempo de llegada de la pelota.	Obtención del tiempo de llegada del jardinero.	Descomposición de la rapidez inicial.	No hay planteamiento razonamiento inicial ni de ecuaciones.

El reactivo fue resuelto vía examen corto, evaluado en hora clase, enviando vía plataforma. Dicho reactivo fue resuelto por un total de 89 estudiantes de ingeniería en semestre agosto-diciembre 2021 (en línea) a varios niveles:

27 alumnos de introducción a la Física, alumnos que ingresaron a la facultad, pero por su resultado en el examen de admisión se le solicitan llevar un semestre propedéutico previo a

llevar las materias del primer semestre. Dichos estudiantes no han llevado ningún curso previo de Física en la universidad. El tópic de tiro parabólico se ve en la parte final del curso. Nos referiremos a este grupo como IF (introducción a la Física).

38 alumnos de Física intermedia especializándose en el área Mecánica son alumnos cursando alguna carrera de la Facultad de Ingeniería de tercer o cuarto semestre, ya han llevado todos ellos un curso de Física Básica (Física A), donde se ven los temas del reactivo aquí planteado durante 1 mes (20 horas-clase), además, en algunos casos, esta área de la Facultad de Ingeniería lleva otras dos materias de Física, pero orientada a hacia otros tópicos (Física B y Estática). Llamaremos a este grupo de alumnos como FIM (Física Intermedia Mecánica).

24 alumnos de Física intermedia especializada del área Civil, estos alumnos cursan la carrera de Ingeniería Civil, se encuentran en tercer o cuarto semestre, han cursado la materia Física Básica (Física A), además de las materias Estática y Cinemática, donde siguen reforzando conceptos relacionados con tiro parabólico. Llamaremos a este grupo de alumnos como FIC (Física Intermedia Civil).

RESULTADOS

Resultados en general.

La Figura 2, muestra dos elementos representativos de la solución vista en los reactivos:

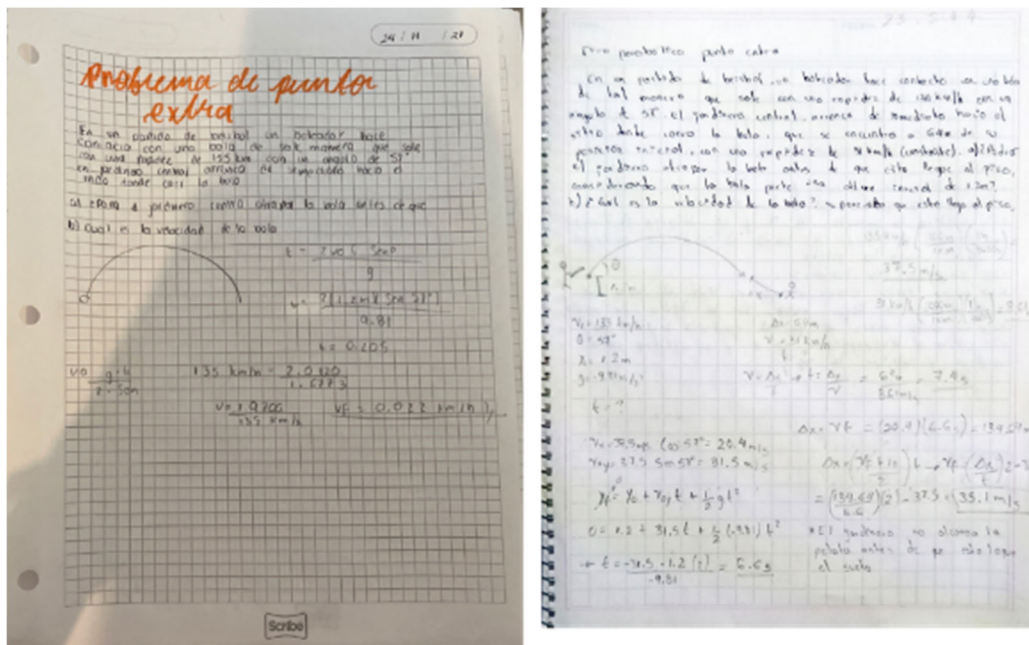


Figura 2. Resolución del reactivo en dos niveles, bajo (izquierda) y alto (derecha)

Los casos mostrados en la Figura 2 pertenecen al grupo IF, elegimos dicho grupo por ser el que mayores variaciones tienen cuanto a resolución del problema se refiere. Cabe hacer mención que, aproximadamente, el 50% del total de la muestra realizó poco o nada del

inciso b planteado en la redacción del problema lo que limita mucho el poder analizar o concluir algo relacionado con tal reactivo, por tanto, en lo consiguiente los datos que se analizarán fueron los datos obtenidos en relación con el inciso a.

Entrando de lleno a las calificaciones de la resolución del problema, la Figura 3 muestra las evaluaciones obtenidas. En general, los resultados fueron altamente satisfactorios, ya que, solamente, el 13% del total de la población tuvo una evaluación básica, tan solo el 2% tuvo una evaluación insuficiente; creemos entonces que el reactivo es apropiado para el nivel de los estudiantes, y a su vez el reactivo, así como, la figura asociada son lo suficientemente claros.

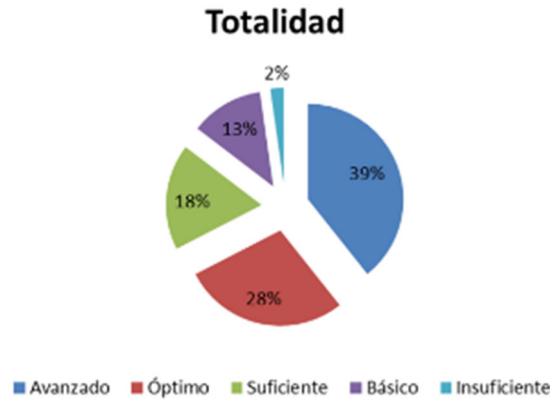


Figura 3. Porcentajes correspondientes a cada calificación del total de la muestra estadística

Ahora bien, el análisis de los datos por separado para cada grupo se muestra en la Figura 4, se aprecian resultados muy diversos en el grupo de FB, en el caso de FIM y FIC ningún estudiante obtuvo una nota de “insuficiente” incluso los porcentajes de “básico” son bajos, con 11 y 4% respectivamente; sin embargo, al hacer una comparación entre ellos en notable los mejores resultados del grupo FIC respecto al FIM es importante mencionar que, el error predominante en el grupo FIM y que fue determinante en los resultados mostrados fue considerar el movimiento de la pelota como un tiro parabólico simétrico, lo cual simplifica el cálculo del tiempo de vuelo pero es un planteamiento del problema incorrecto.

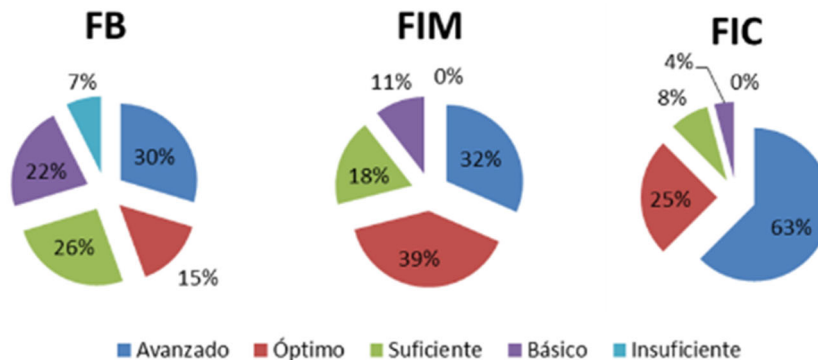



Figura 4. Porcentajes correspondientes a cada calificación de cada grupo evaluado a la izquierda, el grupo de física básica (FB), en el centro Física intermedia área Mecánica (FIM), a la derecha Física Intermedia Civil (FIC)

Comparación con la solución por parte de expertos

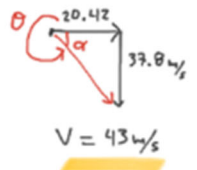
Con el fin de obtener un punto de vista diferente a la resolución del reactivo aquí planteado, se solicitó a un docente experto en el área a que resolviera el problema. La Figura 5 muestra su solución. Lo primero que se quisiera resaltar es que ninguno de los alumnos evaluados usó la misma metodología que el experto, ya que, la totalidad de los alumnos que obtuvieron notas altas en su evaluación, optaban por calcular los tiempos de llegada tanto del jardinero y la pelota, mientras, el experto calculó el tiempo del jardinero y con dicho dato obtuvo la posición de la pelota, simplificando así su cálculo y, por ende, el tiempo de resolución del reactivo.

En un partido de béisbol, un bateador hace contacto con una bola, de tal manera que sale con una rapidez de 135 km/h con un ángulo de 57°. El jardinero la bola, que se encuentra a 64 m de su posición inicial, con una rapidez de 31 km/h (constante). a) ¿podrá el jardinero atrapar la bola antes de que ésta inicial de 1.2 m? b) ¿Cuál es la velocidad de la bola? Suponiendo que esta llega al piso.

$V_0 = 37.5 \text{ m/s}$ $V_j = 8.61 \text{ m/s}$
 $\vec{V}_0 = (20.42\hat{i} + 31.45\hat{j}) \text{ m/s}$


b) $V_x = 20.42 \text{ m/s}$
 Ec(4): $V_y = [2gd_y + V_0^2]^{1/2}$
 $V_y = [(2)(9.8 \text{ m/s}^2)(-1.2) + (37.5 \text{ m/s})^2]^{1/2}$
 $V_y = -37.8 \text{ m/s}$

2) t en llegar a la bola
 Ec. ① $t = \frac{d}{V_j} = \frac{64 \text{ m}}{8.61 \text{ m/s}} = 7.43 \text{ s}$
 en ese tiempo, donde esté la bola
 Ec. ③ $d_y = V_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$
 $d_y = (31.45 \text{ m/s})(7.43 \text{ s}) + (\frac{1}{2})(-9.8 \text{ m/s}^2)(7.43 \text{ s})^2$
 $d_y \approx -36.8 \text{ m}$
 muy lejos de $d_y = -1.2 \text{ m}$
 ∴ No llega a la bola.



 $\alpha = 61.62^\circ$
 $\theta + \alpha = 360^\circ$
 $\theta = 298^\circ$
 $V = 43 \text{ m/s}$

Figura 5. Resolución del reactivo por expertos para fines comparativos se dio las mismas condiciones que en el caso de los alumnos

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, consideramos que el reactivo es comprensible y cuenta con un buen diseño, al ser comprendido y desarrollado por grupos de estudiantes de diversos

niveles. Aún en el caso de los estudiantes de FB se obtuvo un buen porcentaje de alumnos que llegaron a obtener la nota máxima. Ambos grupos de Física Intermedia obtuvieron resultados significativamente mejores que los de FB, sin embargo, se aprecia un cambio importante entre los estudiantes de FIC y FIM, posiblemente, la base Matemática y los cursos de Física previos sean la diferencia en los niveles de resolución. Pese a llegar al resultado de forma correcta, ninguna versión de resolución de los estudiantes fue equivalente a la resolución del experto; podríamos plantear que hay alumnos con un gran nivel, pero no el nivel más avanzado.

BIBLIOGRAFÍA

- Elizondo, M. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia universitaria*, 3(5), pp. 70-77. <https://core.ac.uk/download/pdf/76588071.pdf>
- Gil, D., Martínez, J. y Senent, F. (1987). El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, vol. 6(2), pp. 131-146. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51079>
- Martínez, A., Romero, J., Torrijos, M. y López, E. (2020). Enseñanza disruptiva de la Física, de las situaciones al aprendizaje. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, vol. 7(12). <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/626/1265>
- Oñorbe, A. y Sánchez, J. (1996). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de Física y Química: I. Opiniones del alumno. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, vol. 14(2), pp. 165-170. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21445>