

Una propuesta de preparación para la Olimpiada Nacional de Física basada en el Aprendizaje Basado en Problemas

F. R. Noveron Figueroa

*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada,
Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional, Guerrero 40130, México.*

M. H. Ramírez Díaz

*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada,
Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México 11500, México.*

R. Pelayo Ramos

*Unidad Profesional Interdisciplinaria del Instituto Politécnico Nacional,
del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.*

Received 4 May 2024; accepted 21 October 2024

En la Olimpiada de Física, tradicionalmente la preparación y las oportunidades que se les da a los alumnos de cada estado son sumamente diferentes (con base en los resultados históricos de cada estado). En este trabajo se realiza una propuesta que busca reducir (en la manera de lo posible) las diferencias en la preparación, permitiendo así que los estudiantes tengan la oportunidad de participar mejor preparados y poder así obtener mejores resultados.

El presente trabajo se centra en la preparación para la prueba experimental de la Olimpiada, para ello, se seleccionó como referencia el modelo Aprendizaje Basado en Problemas, el cual se modificó, agregando y quitando algunos elementos (que se describirán a continuación), el Aprendizaje Basado en Problemas es un modelo educativo que empodera estudiantes en un proceso de enseñanza-aprendizaje autodirigido que busca resolver problemas complejos del mundo real.

Descriptor: Olimpiada de Física; aprendizaje basado en problemas; proceso de enseñanza-aprendizaje; estrategias.

In the Physics Olympiad, traditionally the preparation and opportunities given to students in each State is widely diverse (based on the historical performance of each State). In this work, we show, a proposal that seeks to reduce (as much as possible) the differences in preparation, thus allowing the students to have the opportunity of having a better preparation and then improve the chances to obtain better results.

The present work focuses on the preparation for the experimental test of the Olympiad, for this the Problem-Based Learning model was selected as a reference, which was modified, adding and removing some elements (that will be described below), the Problem-Based Learning is an educational model that will empower students in a self-directed teaching-learning process that seeks to solve complex real-world problems.

Keywords: Physics Olympiad; problem-based learning; teaching-learning process; strategies.

DOI: <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.22.020218>

1. Introducción

La Olimpiada Nacional de Física es un evento anual en el que participan estudiantes de bachillerato de todo el país, los ganadores de las olimpiadas estatales. Al evento asisten cerca de 130 estudiantes de todos los estados del país, acompañados de al menos un profesor por cada estado. La competencia consiste en dos exámenes, uno teórico y otro experimental, de 5 horas cada uno. Se premian con medallas de oro, plata y bronce, a 30 estudiantes, entre los cuales se eligen a los seleccionados para las Olimpiadas Iberoamericana e Internacionales [1].

A la Olimpiada Nacional participan quienes han sido seleccionados previamente en una competencia estatal. Cada estado participa con 4 competidores (excepto la Ciudad de México, que participa con un máximo de 8 competidores). Las Olimpiadas Nacionales de Física se llevan a cabo durante la última semana de noviembre; las olimpiadas a nivel estatal

se realizan en las fechas que establecen el delegado estatal junto con los organizadores de cada estado.

Los temas de los problemas están apegados al programa oficial de contenidos aprobado para la Olimpiada Nacional de Física y no a los temarios propuestos por la SEP (lo cual hace esta competencia diferente de algún concurso escolar, pues presenta un mayor nivel de dificultad).

Cada concursante trabajará individualmente. Las respuestas y soluciones se consignan en el material provisto por el Comité Organizador. Durante la prueba solamente se permiten el uso de calculadoras científicas y los instrumentos necesarios para escribir y dibujar [2].

El modelo que se utiliza como base es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el cual es un modelo educativo que empodera a los estudiantes en un proceso de enseñanza-aprendizaje autodirigido que busca resolver problemas complejos del mundo real.

En el ABP se presenta una situación de aprendizaje antes de dar el conocimiento; después, una vez que se adquiere el conocimiento, se aplica en la solución del problema. De acuerdo con la Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo, Vicerrectoría Académica, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey [3], el ABP es una estrategia que favorece el pensamiento crítico y las habilidades de solución de problemas junto con el aprendizaje de contenidos a través del uso de situaciones o problemas del mundo real.

El trabajo se complementa con el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y de algunas otras estrategias que se mencionan más adelante. Para comparar, existen múltiples trabajos donde se busca aplicar y evaluar la efectividad del ABP en el área de la física entre los que tenemos [4]:

- Enseñanza de la Física utilizando el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). En la Ref. [5] se habla sobre las ventajas y los buenos impactos que tuvo la implementación del ABP en la enseñanza de la física, donde se trabajó con un grupo de control y otro experimental, sin embargo, en este proyecto no es posible realizar dicha acción, debido a la naturaleza de la prueba y a la cantidad de estudiantes que se permiten participar por cada etapa (se especifica más adelante).
- Metodología ABP para el estudio de la Física. En la Ref. [6] se implementa una metodología ABP junto con el uso de TIC, esto mediante el desarrollo y fabricación de prototipos, lo cual genera habilidades para la comunicación, el trabajo en equipo, la evaluación crítica y la adquisición de nuevos conocimientos científicos. En este artículo se puede ver una propuesta similar al presente proyecto, pues se incluyen el uso de TIC junto con ABP.
- Implementando las metodologías STEM y ABP en la enseñanza de la física mediante Arduino. En la Ref. [7] se utiliza al ABP como referencia para hacer una adaptación junto con la metodología STEAM y el uso de herramientas tecnológicas de bajo coste similares a un Arduino. Ese artículo, al igual que este trabajo, toma una propuesta concreta de ABP y la adapta a las necesidades del proyecto de investigación.
- Efectividad del aprendizaje basado en problemas en las estrategias de aprendizaje y conocimiento en Física [8]. En ese artículo se habla de la efectividad que tiene el ABP en la autonomía de la búsqueda, selección y reflexión de la información, haciendo énfasis en el procesamiento profundo y elaborativo de la información, por lo que aquí se corroboran algunas de las ventajas que se presentan del uso del ABP, y que posteriormente llevaron a la selección de esta metodología como base del presente proyecto.
- Secuencias didácticas ABP para principios de la dinámica y leyes de Newton en bachillerato. En la Ref.

[9] se implementan 3 secuencias didácticas con las directrices del ABP, donde se observa una mejoría en comparación con el modelo tradicional. En ese trabajo podemos observar que el ABP se implementa en 3 fases, que difieren respecto a las fases implementadas en el presente trabajo, aunque las ideas son en general muy similares.

- Las magnitudes escalares fundamentales longitud, tiempo y masa en el marco de la metodología del aprendizaje basado en problemas ABP para el fortalecimiento del proceso de aprendizaje de los estudiantes de grado undécimo del instituto técnico municipal [10]. Ese artículo habla de la aplicación de la metodología ABP junto con metodología de investigación para el proceso de enseñanza aprendizaje de algunos temas de física. Ahí también se puede observar que combinan ABP junto con otra metodología y su impacto fue positivo, lo que refuerza el uso de esta metodología para el presente proyecto.

El presente proyecto de investigación se implementa en el municipio de Huitzuc de los Figueroa, Guerrero, en el Centro de Estudios Técnicos (CSAEGRO). En el estado de Guerrero, la Olimpiada Estatal se divide en 3 fases:

La primera fase es en línea, donde se presenta el examen de manera remota (a través de internet), y participan alrededor de 500 estudiantes por año. De la primera fase quedan seleccionados aproximadamente 50 estudiantes.

La segunda fase consiste en un examen de manera presencial en las instalaciones que designe el comité organizador estatal. De la segunda fase quedan seleccionados 12 estudiantes.

La tercera fase consiste en una capacitación (en línea) que dura aproximadamente 3 semanas, donde diversos profesores y entrenadores del estado imparten algunos de los temas más importantes del temario de la olimpiada. De esta fase se seleccionan a los 4 estudiantes que representarán al estado de Guerrero en la etapa nacional.

A continuación, se considera conveniente presentar como muestra el examen experimental de la Olimpiada Nacional de Física del 2021 [11].

Es importante destacar que la literatura en la que se basa el comité académico para elaborar los exámenes experimentales son generalmente Olimpiadas de otros países, Olimpiadas internacionales o en artículos sobre experimentos físicos que cumplan las características necesarias para adaptarse a un problema de Olimpiada.

Ahora, se presenta la solución propuesta por el comité académico de la Olimpiada Nacional de Física [11].

Es importante destacar que para la elaboración de los problemas antes mencionados, el comité académico se apoyó del libro Cambridge problems in physics and advanced solutions [15] y de la página de la Real Sociedad Española de Física [16].



XXXII OLIMPIADA NACIONAL DE FÍSICA
Virtual 14-20 de noviembre del 2021
Examen 2



Problema 2. Problema experimental

(10 puntos)

Este problema consta de dos partes que se pueden realizar independientemente.

Primera parte

Lupita trabaja en un laboratorio de biomecánica deportiva y se le encomendó determinar el desempeño de un ciclista al moverse a velocidad constante a lo largo de un camino plano en un día sin viento. El ciclista al pedalear, tiene que luchar en contra de la fricción, de manera que Lupita modela la fuerza de fricción total contra el movimiento del ciclista de la siguiente manera:

$$F = Av^2 + B. \quad (5)$$

El procedimiento experimental consiste en medir la potencia desarrollada por el ciclista al moverse a diferentes velocidades, y una vez terminadas las mediciones Lupita obtuvo la siguiente tabla de datos:

v (m/s)	1.4	3.2	4.7	6.5	8.5	9.8	11.2	12.1
P (W)	6	19	37	82	149	224	298	370

Sin embargo, Lupita fue invitada a impartir un seminario en otra ciudad y no pudo analizar los datos. Ayudemos a Lupita a hacer este análisis.

Pregunta 2.1 ¿Qué significado físico tienen los términos Av^2 y B de la fuerza de fricción? **(0.5 puntos)**

Pregunta 2.2 Considerando las variables de la tabla y la información dada, encuentre una relación lineal $y = mx + b$ e identifique los elementos y , x , m y b . Haga una tabla para x y y . **(1.5 puntos)**

Pregunta 2.3 Con los datos de la tabla obtenida en la pregunta 2.2, haga una gráfica lineal para determinar las constantes A y B . **(1.5 puntos)**

Pregunta 2.4 Suponiendo que en un segundo experimento el ciclista puede desarrollar una potencia constante de 60 W por un largo trecho. Empleando datos de la tabla de Lupita y otros que considere convenientes, y usando la misma gráfica de la pregunta 2.2, encuentre la curva que describe este caso físico y obtenga la velocidad óptima a la que puede ir el ciclista, esto es, el punto donde se cruzan la curva y la recta. **(1.5 puntos)**

Segunda parte

Una tarde en que Lupita descansaba en el laboratorio y para entretenerse se puso a jugar con los filtros de papel de la cafetera (figura 3) dejándolos caer con la parte plana hacia abajo. Se percató que a causa de la fricción del aire, un filtro en su movimiento alcanza rápido la velocidad terminal, o sea cae con velocidad constante. Propuso modelar la fuerza de fricción del aire para los filtros como:

$$f = \beta \left(\frac{v}{v_0} \right)^k, \quad (6)$$

siendo $v_0 = 1 \text{ m/s}$ y, β y k son dos constantes por determinar.



Figura 3: Filtros de cafetera.

Lupita hizo una serie de mediciones, primero dejando caer un filtro 10 veces desde la parte alta de un librero a una altura $h = 198.5 \text{ cm}$ y midió los tiempos de caída. Después repitió las mediciones con dejando caer dos filtros juntos como un solo objeto (figura 3), luego con tres filtros y así sucesivamente hasta llegar a seis filtros cayendo como juntos (no había más filtros). Las mediciones se pueden ver en la siguiente tabla siendo N el número de filtros:

N	tiempos (s)									
1	1.69	1.69	1.66	1.75	1.69	1.72	1.69	1.66	1.72	1.66
2	1.35	1.19	1.28	1.34	1.31	1.28	1.21	1.31	1.25	1.35
3	1.13	1.12	1.13	1.10	1.09	1.13	1.19	1.10	1.18	1.13
4	0.97	1.03	0.94	0.97	0.96	1.03	1.00	0.97	1.00	1.04
5	1.00	0.94	0.97	0.91	0.90	0.94	0.90	0.93	0.90	0.91
6	0.81	0.91	0.87	0.87	0.87	0.87	0.84	0.87	0.88	0.87

El descanso de Lupita terminó y tuvo que volver a trabajar en sus experimentos. Nuevamente ayudemos a Lupita con el análisis de datos.

Pregunta 2.5 Si la masa de un filtro es m determine cuál es la velocidad terminal v_N de N filtros al caer como un solo objeto, como función de N , m , g , β y k . (1.0 puntos)

Pregunta 2.6 Partiendo de los datos de Lupita haga una tabla de velocidades terminales v_N de N filtros cayendo como un solo objeto. (1.0 puntos)

Pregunta 2.7 Considerando las variables N y v_N , y que la masa de un filtro de papel es $m = 0.88$ g, exprese el resultado de la pregunta 2.5 en forma lineal $Y = MX + B$, identificando qué serían Y , M , X y B . Complete la tabla de la pregunta 2.6 con X y Y . (1.5 puntos)

Pregunta 2.8 Haga una gráfica con la tabla de la pregunta 2.7 y calcule k y β para los filtros de papel de cafetera. (1.5 puntos)

Problema 2. Problema experimental (10 puntos)

Este problema consta de dos partes que se pueden realizar independientemente.

Primera parte

Lupita trabaja en un laboratorio de biomecánica deportiva y se le encomendó determinar el desempeño de un ciclista al moverse a velocidad constante a lo largo de un camino plano en un día sin viento. El ciclista al pedalear, tiene que luchar en contra de la fricción, de manera que Lupita modela la fuerza de fricción total contra el movimiento del ciclista de la siguiente manera:

$$F = Av^2 + B. \quad (18)$$

El procedimiento experimental consiste en medir la potencia desarrollada por el ciclista al moverse a diferentes velocidades, y una vez terminadas las mediciones Lupita obtuvo la siguiente tabla de datos:

v (m/s)	1.4	3.2	4.7	6.5	8.5	9.8	11.2	12.1
P (W)	6	19	37	82	149	224	298	370

Sin embargo, Lupita fue invitada a impartir un seminario en otra ciudad y no pudo analizar los datos. Ayudemos a Lupita a hacer este análisis.

Pregunta 2.1 ¿Qué significado físico tienen los términos Av^2 y B de la fuerza de fricción? (0.5 puntos)

Pregunta 2.1 Solución

(0.3 puntos) El término Av^2 corresponde a una fuerza de fricción por viscosidad del aire.

(0.2 puntos) El término B corresponde a la fuerza de fricción constante, que podría ser la usual $f = \mu N$.

Pregunta 2.2 Considerando las variables de la tabla y la información dada, encuentre una relación lineal $y = mx + b$ e identifique los elementos y , x , m y b . Haga una tabla para x y y . (1.5 puntos)

Pregunta 2.2 Solución

En primer lugar, al moverse el ciclista con velocidad constante, de manera que tendremos un sistema en equilibrio, y la fuerza neta con que se impulsa hacia adelante tendrá que ser igual a la fuerza de fricción. Por otro lado, el dato medido es la potencia, que está relacionado con la fuerza de la siguiente manera:

$$P = Fv \quad (19)$$

De esta manera, combinado con la ecuación (18) de la fuerza de fricción tendremos

$$\frac{P}{v} = Av^2 + B.$$

Con esto podemos hacer la siguientes identificaciones:

$$y = \frac{P}{v}; \quad m = A; \quad x = v^2; \quad b = B. \quad (20)$$

Así podemos tener la siguiente tabla:

v (m/s)	P (W)	P/v (N)	v^2 (m ² /s ²)
1.4	6.0	4.24	1.96
3.2	19.0	5.94	10.24
4.7	37.0	7.87	22.09
6.5	82.0	12.62	42.25
8.5	149.0	17.53	72.25
9.8	224.0	22.86	96.04
11.2	298.0	26.61	125.44
12.1	370.0	30.58	146.41

(0.4 puntos) Por escribir la ecuación (19).

(0.4 puntos) Por identificar los elementos de la ecuación lineal (20).

(0.7 puntos) Por la tabla.

(-0.05 puntos) Por cada columna sin etiquetar.

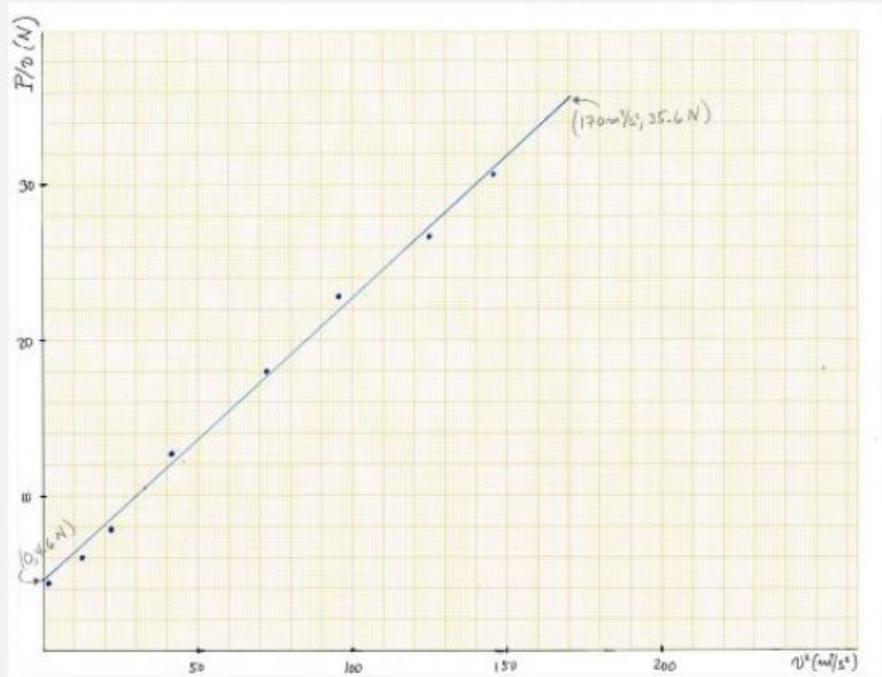
(-0.05 puntos) Por cada columna sin unidades.

(-0.3 puntos) Si los datos calculados están muy alejados de los mostrados, más de 20 %.

Pregunta 2.3 Con los datos de la tabla obtenida en la pregunta 2.2, haga una gráfica lineal para determinar las constantes A y B . (1.5 puntos)

Pregunta 2.3 Solución

Con los datos de la tercera y cuarta columnas del a tabla de la solución 2.2 podemos construir la gráfica mostrada a continuación:



Una vez hecho el ajuste de la mejor recta gráfica podemos calcular su pendiente a partir de dos puntos convenientes. Nosotros usamos los puntos $(x_1, y_1) = (0, 4.6 \text{ N})$ y $(x_2, y_2) = (170 \text{ m}^2/\text{s}^2, 35.6 \text{ N})$

$$A = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{35.6 \text{ N} - 4.6 \text{ N}}{170 \text{ m}^2/\text{s}^2 - 0} = 0.18 \text{ N s}^2/\text{m}^2 = \boxed{0.18 \text{ kg/m}}$$

Y directamente del primer punto podemos encontrar la otra constante buscada

$$\boxed{B = 4.6 \text{ N}}$$

(0.8 puntos) Por la gráfica.

(0.4 puntos) Por el cálculo de A.

(0.3 puntos) Por el cálculo de B.

(-0.2 puntos) Si la gráfica no cubre al menos el 70 % del papel.

(-0.1 puntos) Por cada eje sin etiquetar.

(-0.1 puntos) Por cada eje sin marcas. Al menos 4

(-0.1 puntos) Por cada eje sin unidades. (-0.1 puntos) Por cada resultado fuera del 20 % de variación con el valor dado.

(-0.4 puntos) Si A está fuera del 50 % de variación respecto al valor dado.

(-0.3 puntos) Si B está fuera del 50 % de variación respecto al valor dado.

Pregunta 2.4 Suponiendo que en un segundo experimento el ciclista puede desarrollar una potencia constante de 60 W por un largo trecho. Empleando datos de la tabla de Lupita y otros que considere convenientes, y usando la misma gráfica de la pregunta 2.2, encuentre la curva que describe este caso físico y obtenga la velocidad óptima a la que puede ir el ciclista, esto es, el punto donde se cruzan la curva y la recta. (1.5 puntos)

Pregunta 2.4 Solución

Cuando el ciclista avanza con potencia constante, imprime una fuerza neta hacia adelante que podemos escribir como:

$$F_1 = \frac{60 \text{ W}}{v},$$

(3 puntos) Por la ecuación.

Que es básicamente la ecuación de **una hipérbola**. Sin embargo, como la curva debe ser sobrepuesta en la gráfica anterior en la que **en el eje horizontal tenemos v^2** . La forma correcta de expresar la ecuación anterior sería:

$$F_1 = \frac{60 \text{ W}}{\sqrt{v^2}}, \quad (21)$$

(0.1 puntos) Por darse cuenta que es una hipérbola.

(0.1 puntos) Por considerar que el eje horizontal es de v^2 .

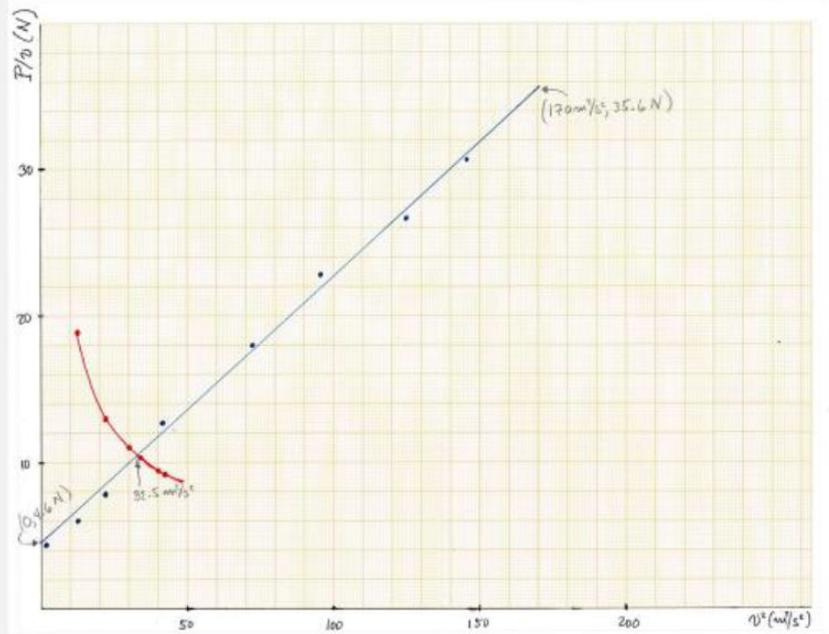
De esta manera podemos crear la siguiente tabla con una serie de datos convenientes basándonos en la gráfica de la solución 2.3

v^2 (m ² /s ²)	$\sqrt{v^2}$ (m/s)	F_1 (N)
1.96	1.4	42.9
10.24	3.2	18.8
22.00	4.7	9.23
30.00*	5.48	10.95
34.00*	5.83	10.28
40.00*	6.32	9.48
42.25	6.5	9.23

(0.3 puntos) Por calcular la tabla a partir de los datos dados.

(0.2 puntos) Por agregar datos propios convenientes (*)

Los datos con asterisco (*) fueron elegidos por conveniencia, ya que corresponden a puntos correspondientes están muy próximos a la recta, de esta forma podremos trazar más precisamente la curva que une todos los puntos, como se puede ver en la línea roja de la figura



De ella podemos ver que el punto de cruce está en $v^2 = 32.5 \text{ m}^2/\text{s}^2$ correspondiente a una velocidad

$$v = 5.7 \text{ m/s.}$$

(0.3 puntos) Por trazar la curva.

(0.1 puntos) Por determinar v^2 .

(0.1 puntos) Por determinar v .

Segunda parte

Una tarde en que Lupita descansaba en el laboratorio y para entretenerse se puso a jugar con los filtros de papel de la cafetera (figura 6) dejándolos caer con la parte plana hacia abajo. Se percató que a causa de la fricción del aire, un filtro en su movimiento alcanza rápido la velocidad terminal, o sea cae con velocidad constante. Propuso modelar la fuerza de fricción del aire para los filtros como:

$$f = \beta \left(\frac{v}{v_0} \right)^k, \quad (22)$$

siendo $v_0 = 1 \text{ m/s}$ y, β y k son dos constantes por determinar.



Figura 6: Filtros de cafetera.

Lupita hizo una serie de mediciones, primero dejando caer un filtro 10 veces desde la parte alta de un librero a una altura $h = 198.5$ cm y midió los tiempos de caída. Después repitió las mediciones con dejando caer dos filtros juntos como un solo objeto (figura 6), luego con tres filtros y así sucesivamente hasta llegar a seis filtros cayendo como juntos (no había más filtros). Las mediciones se pueden ver en la siguiente tabla siendo N el número de filtros:

N	tiempos (s)									
1	1.69	1.69	1.66	1.75	1.69	1.72	1.69	1.66	1.72	1.66
2	1.35	1.19	1.28	1.34	1.31	1.28	1.21	1.31	1.25	1.35
3	1.13	1.12	1.13	1.10	1.09	1.13	1.19	1.10	1.18	1.13
4	0.97	1.03	0.94	0.97	0.96	1.03	1.00	0.97	1.00	1.04
5	1.00	0.94	0.97	0.91	0.90	0.94	0.90	0.93	0.90	0.91
6	0.81	0.91	0.87	0.87	0.87	0.87	0.84	0.87	0.88	0.87

El descanso de Lupita terminó y tuvo que volver a trabajar en sus experimentos. Nuevamente ayudemos a Lupita con el análisis de datos.

Pregunta 2.5 Si la masa de un filtro es m determine cuál es la velocidad terminal v_N de N filtros al caer como un solo objeto, como función de N , m , g , β y k . (1.0 puntos)

Pregunta 2.5 Solución

Partiendo de la segunda ley de Newton la ecuación de movimiento de los filtros al caer será

$$Nmg - \beta \left(\frac{v_N}{v_0} \right)^k = Nma.$$

(0.5 puntos) Por usar la segunda Ley de Newton.

Dado que al alcanzar la velocidad terminal el movimiento será con rapidez constante, entonces se debe cumplir la condición $a = 0$, de donde podemos despejar la velocidad como

$$v_N = v_0 \left(\frac{Nmg}{\beta} \right)^{1/k}.$$

(0.5 puntos) Por llegar a la expresión.

Pregunta 2.6 Partiendo de los datos de Lupita haga una tabla de velocidades terminales v_N de N filtros cayendo como un solo objeto. (1.0 puntos)

Pregunta 2.6 Solución

Primero es necesario promediar los tiempos $\langle t_N \rangle$ correspondientes a cada número N de filtros, y después calcular las velocidades terminales como

$$v_N = \frac{h}{\langle t_N \rangle},$$

(0.2 puntos) Por la ecuación.

De esta forma, después de hacer los cálculos obtenemos la siguiente tabla

N	$\langle t_N \rangle$ (s)	v_N (m/s)
1	1.693	1.172
2	1.287	1.542
3	1.130	1.757
4	0.991	2.003
5	0.930	2.133
6	0.866	2.292

(0.4 puntos) Por calcular los promedios de los tiempos $\langle t_N \rangle$.

(0.4 puntos) Por calcular correctamente las velocidades v_N .

(-0.05 puntos) Por cada columna sin etiquetar.

(-0.05 puntos) Por cada columna sin unidades (si las tiene)

(-0.4 puntos) Si no promedia los tiempos y sí promedia las velocidades.

Pregunta 2.7 Considerando las variables N y v_N , y que la masa de un filtro de papel es $m = 0.88$ g, exprese el resultado de la pregunta 2.5 en forma lineal $Y = MX + B$, identificando qué serían Y , M , X y B . Complete la tabla de la pregunta 2.6 con X y Y . (1.5 puntos)

Pregunta 2.7 Solución

Partiendo de la ecuación obtenida en la solución 2.5, es conveniente escribirla de la forma:

$$\frac{v_N}{v_0} = \left(\frac{Nmg}{\beta} \right)^{1/k},$$

Y calculado el logaritmo (en cualquier base) en ambos lados:

$$\log \left(\frac{v_N}{v_0} \right) = \log \left(\frac{Nmg}{\beta} \right)^{1/k} = \frac{1}{k} \log(N) + \log \left(\frac{mg}{\beta} \right)^{1/k}.$$

(0.5 puntos) Por la ecuación o equivalente. No importa la base de los logaritmos.

Nota: es conveniente la fracción v_N/v_0 para asegurar la adimensionalidad de los argumentos en los logaritmos.

Con esto podemos hacer la asociación:

$$Y = \log \left(\frac{v_N}{v_0} \right); \quad M = \frac{1}{k}; \quad X = \log(N); \quad B = \log \left(\frac{mg}{\beta} \right)^{1/k}.$$

(0.4 puntos) Por las cuatro identificaciones (0.1 puntos por cada una).

Podemos completar ahora la tabla de la solución 2.6 haciendo los cálculos necesarios :

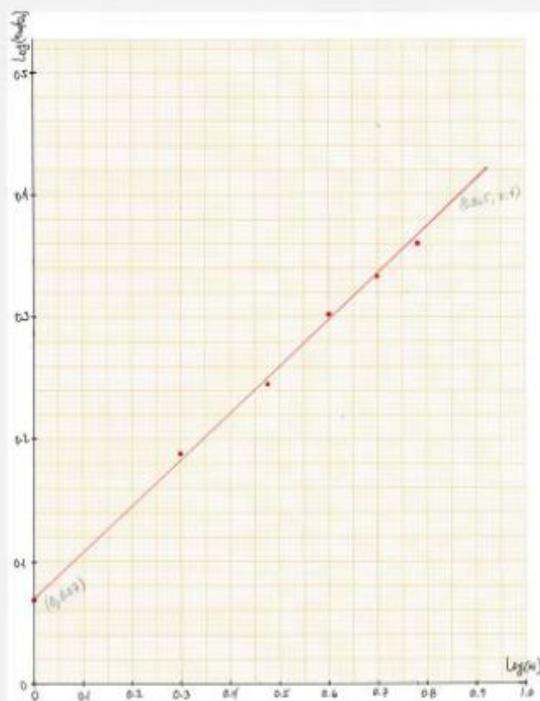
N	$\langle t_N \rangle$ (s)	v_N (m/s)	$\log(N)$	$\log \left(\frac{v_N}{v_0} \right)$
1	1.693	1.172	0	0.069
2	1.287	1.542	0.301	0.188
3	1.130	1.757	0.477	0.245
4	0.991	2.003	0.602	0.302
5	0.930	2.133	0.699	0.330
6	0.866	2.292	0.778	0.360

(0.6 puntos) Por completar la tabla, y los cálculos son coherentes.

(-0.05 puntos) Por cada columna sin etiquetar.

Pregunta 2.8 Haga una gráfica con la tabla de la pregunta 2.7 y calcule k y β para los filtros de papel de cafetera. **(1.5 puntos)**

Pregunta 2.8 Solución Con los datos de las últimas dos columnas en la tabla de la solución 2.7 podemos construir la gráfica mostrada en la figura a continuación:



Después de ajustar la mejor recta a los puntos, podemos tomar dos puntos para calcular las constantes. Con los puntos $(X_1, Y_1) = (0, 0.07)$ y $(X_2, Y_2) = (0.865, 0.4)$. De aquí podemos calcular la pendiente de la recta

$$M = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{0.4 - 0.07}{0.865 - 0} = 0.382.$$

con lo que podemos encontrar la potencia

$$k = \frac{1}{M} = \frac{1}{0.382} = \boxed{2.62}.$$

Con el valor de la ordenada $B = Y_1$. Partiendo de

$$B = \log \left(\frac{mg}{\beta} \right)^{1/k},$$

Hacemos el despeje de β y lo calculamos

$$\beta = 10^{-kB} mg = 10^{(2.62 \times 0.07)} \times 0.88 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = \boxed{5.7 \times 10^{-4} \text{ N}}.$$

(0.6 puntos) Por la gráfica.

(0.4 puntos) Por calcular k correctamente, 0.2 por calcular M , 0.2 por llegar a k .

(0.5 puntos) Por calcular β correctamente, 0.3 por el correcto despeje, 0.2 por el cálculo.

(-0.2 puntos) Si la gráfica no cubre al menos el 70% del papel.

(-0.1 puntos) Por cada eje sin etiquetar.

(-0.1 puntos) Por cada eje sin marcas. Al menos 4

(-0.1 puntos) Por cada eje sin unidades, si las tuviera. (-0.1 puntos) Por cada resultado fuera del 20% de variación con el valor dado.

(-0.4 puntos) Si k está fuera del 50% de variación respecto al valor dado.

(-0.2 puntos) Si β está fuera del 50% de variación respecto al valor dado.



FIGURA 1. Diagrama de pasos aplicados en el proyecto de investigación [4].

2. Metodología

En la Fig. 1 se muestra un diagrama general sobre la metodología aplicada en el presente proyecto de investigación.

2.1. Selección de los estudiantes

Para la selección de los estudiantes se eligieron a estudiantes destacados (los que obtuvieron las mejores calificaciones) en las materias de matemáticas y física y que además mostraron interés al platicarles sobre la olimpiada mexicana de física.

Esta es una de las fases más importantes, pues el elegir a los estudiantes con las características y habilidades adecuadas para participar determinará en gran parte el éxito que se pueda obtener aplicando los pasos posteriores.

Se seleccionó un grupo compuesto de 5 estudiantes, 4 de ellos no tenían experiencia previa en la Olimpiada de Física (solo 1 había participado el año anterior, pero no quedó seleccionado por Guerrero). Al momento de comenzar la pre-

paración, los estudiantes no eran parte aún de la preselección del estado de Guerrero.

Es importante que el estudiante, además de talento, demuestre responsabilidad y compromiso, una de las principales dificultades que presentan los estudiantes es la falta de estas cualidades, por lo que se utilizó la plataforma de Khan Academy como apoyo para evaluar el compromiso que mostraban en su preparación y también como apoyo para el aprendizaje y refuerzo de conceptos básicos de física.

A continuación, en la Fig. 2 se muestran algunos de los resultados que se obtuvieron con la plataforma.

Los resultados obtenidos sirvieron para seleccionar y seguir trabajando con los estudiantes que mostraron mejor desempeño, además de los que cumplieron con todas las actividades asignadas.

En esta etapa resultaron seleccionados finalmente un grupo de 4 estudiantes (de los 5 que se tenían inicialmente), que fueron los que mostraron un mayor compromiso y mejor desempeño en las actividades planteadas en Khan Academy anteriormente.

Esta parte de la selección nos permitió evitar continuar trabajando con personas que no contaban con el suficiente nivel de compromiso y esfuerzo, las cuales son habilidades fundamentales para la olimpiada.

2.2. Preparación teórica

Para la preparación teórica se utilizó el libro de “Física General de la Serie Schaum”. Se desea destacar que, al realizar encuestas a entrenadores y estudiantes participantes en la Olimpiada de Física, se observa que pudiera ser conveniente utilizar otras bibliografías para este apartado, por lo que queda al criterio del entrenador el libro con el que desee trabajar.

Se realizaron reuniones con los alumnos los martes y jueves de 1 hora. El orden en que se estudiaron los temas fue siguiendo el que maneja el índice del libro, es decir, se comenzó con los temas de mecánica.

Panel del profesor		Puntuación de tareas							
Olimpiada de Física: Varios cursos		Aquí está cómo le fue a tus estudiantes en el contenido que les asignaste. Puedes pulsar un nombre de tarea para obtener reportes más detallados.							
HERRAMIENTAS		Todo el tiempo		Anterior		Siguiente			
Resumen de actividad		El tiempo de despegue del Airbus A380	Acceleración y velocidad	Movimiento en una dimensión: Cuestionario 1	La velocidad promedio cuando la aceleración es constante	La altura de un proyectil dado el tiempo	La velocidad de impacto dada la altura	Preparar problemas con aceleración constante	El movimiento de un proyectil (parte 1)
Dominio de curso		nov. 15	nov. 15	nov. 15	nov. 15	nov. 15	nov. 15	nov. 15	nov. 15
Establece objetivos									
Avance									
Tareas									
Asignar									
Puntos									
Administrar									
Carmen Astudillo	✓	71	40	✓	✓	✓	29	✓	
Jey Gaytan	✓	0	60	✓	✓	✓	86	✓	
Luz Aisén Mata Blanco	✓	71	60	✓	✓	✓	43	✓	
Orlando Valdés	✓	86	100	✓	✓	✓	71	✓	
sheecidm	✓	86	80	✓	✓	✓	86	✓	

FIGURA 2. Resultados que tuvieron los estudiantes en Khan Academy [13].

Los pasos para seguir la preparación son los siguientes:

1. Se realiza la explicación del tema por parte del profesor.
2. Se resuelve la parte del capítulo “ejercicios resueltos” por el profesor en el pizarrón.
3. Se pide que los estudiantes entreguen en orden y con limpieza los ejercicios complementarios en hojas blancas.
4. Revisión de problemas y retroalimentación: Se revisan los ejercicios entregados por los alumnos, entonces se procede a explicarles sus errores, en que pueden mejorar, y en algunos casos se mencionan métodos alternativos para la resolución de determinados problemas.
5. Exámenes por temas o áreas: Se realizan exámenes por áreas, siguiendo el orden de: mecánica, termodinámica, electricidad y magnetismo, oscilaciones y óptica.

2.3. Preparación experimental

A continuación, se muestran los pasos aplicados en la metodología ABP modificado [2] y se describe (diseños narrativos) cómo se llevaron a cabo:

1. *Que los conocimientos de los que ya disponen los alumnos son suficientes y les ayudarán a construir los nuevos aprendizajes que se propondrán en el problema.*

Para llegar a este paso, se tiene que pasar por los 2 filtros anteriores, el proceso de selección y la preparación teórica.

2. *El contexto y el entorno favorezca el trabajo autónomo y en equipo que los alumnos llevarán a cabo (comunicación con docentes, acceso a fuentes de información, espacios suficientes, etc.).*

Para cumplir con este punto se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Se seleccionan los experimentos posibles que el entrenador considere conveniente.
- Se recomienda realizar los experimentos donde se pudieran conseguir los materiales necesarios.
- Se recaban los materiales necesarios para la realización de experimentos.
- Se busca un lugar adecuado para la realización de dichos experimentos.
- Se mencionan a los estudiantes algunos puntos importantes a evaluar en el examen experimental.
 - Se debe conocer y manejar correctamente el uso de cifras significativas.

- En caso de tomar muestras para el análisis estadístico se deben de tomar por lo menos 10 muestras.
- Es necesario que el estudiante sepa realizar estadística del análisis de los datos.

3. *Se diseñan problemas que permitan cubrir los objetivos de la materia planteados para cada nivel de desarrollo del programa del curso. Cada problema debe incluir claramente los objetivos de aprendizaje correspondientes al tema.*

En este punto como se detalló anteriormente, hay una modificación de la propuesta original del ABP, por lo tanto, se recomienda que el asesor o entrenador seleccione de manera adecuada los experimentos que va a realizar de los repositorios mencionados anteriormente; en este caso los criterios de selección fueron:

- Según su dificultad (se buscó realizar los experimentos de manera gradual de acuerdo con su dificultad).
- Según al material y equipo disponibles para realizar los experimentos.
- De acuerdo con las condiciones del espacio de trabajo (laboratorio del Centro de Estudios Técnicos).

4. *Las reglas de trabajo y las características de los roles deben ser establecidas con anticipación y deben ser compartidas y claras para todos los miembros del grupo.*

Aquí se describen algunas pautas importantes en el examen:

- La forma de preparación.
- Las reglas de trabajo.
- La metodología.

5. *Se identifican los momentos más oportunos para aplicar los problemas y se determina el tiempo que deben invertir los alumnos en el trabajo de solucionar el problema.*

Los experimentos sólo duran una sesión de aproximadamente 5 a 6 horas.

6. *El grupo identificará los puntos clave del problema.*

Los estudiantes identifican las instrucciones del experimento y todos los puntos que se piden en cada uno de los apartados del experimento.

7. *Formulación de hipótesis y reconocimiento de la información necesaria para comprobar la(s) hipótesis, se genera una lista de temas a estudiar.*

Aquí a los estudiantes se les pide que analicen cómo van a resolver los puntos y generen una lista de los

puntos del problema que no comprenden, para poder ser identificados tanto por ellos mismos, como por el profesor.

8. *El profesor-tutor vigila y orienta la pertinencia de estos temas con los objetivos de aprendizaje.*

Aquí se analizan (por parte del profesor), las hipótesis y los puntos que los estudiantes no comprendían para ser reforzadas en sesiones teóricas posteriores al término del experimento.

9. *Se realiza el experimento contestando los puntos que vayan siendo marcados por el experimento a realizar.*

Se comienza a resolver el experimento entre todos los estudiantes, para ello se toman en cuenta las hipótesis que tuvo cada estudiante y se discuten en grupo cada una de ellas, para al final elegir la ruta de resolución que se considere más adecuada.

10. *Al término de cada sesión los alumnos deben establecer los planes de su propio aprendizaje.*

Se realiza una reunión donde se discuten:

- Las hipótesis de cada uno.
- Las dudas que tuvieron.
- Las dificultades que se presentaron durante la realización de la práctica.
- Los temas que debe repasar cada estudiante.
- Los temas que se repasaran en grupo.

Como recomendación adicional, en caso de no contar con el material o espacio para la implementación de una practica o experimento adecuado, se sugiere trabajar con simulaciones para poder realizar los experimentos o practicas que el docente considere adecuadas, para ello se puede utilizar el simulador PhET.

Se recomienda que el uso de esta herramienta se centre en fines introductorios para las prácticas, es decir, para que los alumnos se familiaricen con conceptos o con el uso de instrumentos o herramientas que puedan llegar a ocupar en su momento en prácticas experimentales [4].

2.4. Evaluación y retroalimentación

Para las evaluaciones finales, se utilizaron exámenes primeramente de nivel estatal y subsecuentemente de nivel nacional.

1. Se aplican los exámenes respetando las reglas de tiempo que tiene cada uno de ellos.
2. Se califican los exámenes y se les devolvieron a los estudiantes.

3. Se explican las soluciones a cada uno de los problemas.
4. Se buscan soluciones alternativas, es decir, se discuten opiniones y puntos de vista de cada estudiante junto con el docente.

3. Resultados

En la siguiente tabla, se muestran los resultados obtenidos en el año de 2018 (antes de iniciar el proyecto) y del año 2021, cuando se concluyó con el desarrollo y la aplicación de la metodología; se puede observar una mejoría notable en el resultado experimental (en lo cual estaba enfocada la preparación).

Nota: Se tomo el resultado como porcentaje, debido a que en el examen del año 2018 la parte experimental valía en total 20 puntos, mientras que en el del 2021 la parte experimental valía en total 10 puntos.

En los años de 2019 y 2020 no se participó como asesor, porque la colaboración fue como miembro del comité académico y como jurado calificador a nivel nacional (buscando obtener experiencia en estas áreas e ir aplicándolas para mejorar la metodología).

TABLA I. Comparativa entre los resultados de la ONF del 2018 y 2021 [4].

Estudiantes	Examen Experimental
2018	1.950/20 puntos posibles=9.5 %
2021	3.7/10 puntos posibles= 37 %

4. Conclusiones

- Se pudo constatar que los resultados obtenidos fueron sustancialmente mejores en la parte experimental, la cual era el núcleo del presente proyecto, pues se pasó de 9.5 % a 37 %, lo cual reflejó una mejoría del 27.5 %.
- Se presentaron ciertos problemas en la implementación del ABP, pues al inicio a los alumnos les costó trabajar de manera autónoma e independiente, sin embargo, considero que esto fue clave para que se acostumbraran a cómo iban a resolver la prueba experimental.
- Las bibliografías para utilizar en la preparación son bastante similares, sin embargo, los recursos tecnológicos utilizados son casi nulos además de que la estrategia de estudio habitual de entrenamiento es resolver problemas.

1. E. Mata, Olimpiada Nacional de Física. (2024), <https://ernestomataplata.me/ciencia/olimpiada-nacional-fisica>
2. Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo, Vicerrectoría Académica, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica, (2019), <https://sitios.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/abp.pdf>
3. Sociedad Mexicana de Física, Cómo participar (2022). <https://smf.mx/programas/olimpiada-nacional-de-fisica/como-participar>
4. F. Noveron, “Estrategias De Preparación Para La Olimpiada Mexicana De Física”. Tesis. Instituto Politécnico Nacional (2021).
5. C. Antón, Enseñanza de la Física Utilizando el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Doctoral dissertation, Tesis de la Universidad Rafael Ladívar: Zacapa. Guatemala (2016).
6. M. Peña Acosta *et al.*, Metodología ABP para el Estudio de la Física. In Memorias de Congresos UTP (2019). P. 138-141.
7. D. Sierra, J. Rojas, and A. García, Implementando las metodologías steam y abp en la enseñanza de la física mediante Arduino. In Memorias de Congresos UTP (2019). P. 133-137.
8. J. Neira and I. Soto, Efectividad del aprendizaje basado en problemas en las estrategias de aprendizaje y conocimiento en Física. Enseñanza de las ciencias: *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas* (2013) 2860.
9. F. Téllez, Secuencias didactics abp para principios de la dinámica y leyes de newton en bachillerato, Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional (2013).
10. A. Cepeda and L. Rojas, Las magnitudes escalares fundamentales longitud, tiempo y masa en el marco de la metodología del aprendizaje basado en problemas ABP para el fortalecimiento del proceso de aprendizaje de los estudiantes de grado undécimo del instituto técnico municipal lo. *Paideia Surcolombiana*, **23** (2018) 146. <https://doi.org/10.25054/01240307.1712>
11. Sociedad Mexicana de Física, Cómo participar (2022). <https://smf.mx/programas/olimpiada-nacional-de-fisica/como-participar/>
12. Sociedad Mexicana de Física, Exámenes (2024). <https://drive.google.com/file/d/1WS-fbvhwqBGwoH6WXF8QeveQzzCQ-owR/view?usp=sharing>
13. Khan Academy, Práctica, lecciones y cursos en Línea Gratuitos, Khan Academy (2024). <https://es.khanacademy.org>
14. Simulaciones Interactivas PhET [en línea], (2024). PhET. [Consultado el 12 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/>
15. P. P. Dendy, R. Tuffnell, and C. H. B. Mee, Cambridge Problems in Physics and Advice on Solutions, 2nd ed. (Cambridge University Press, 1991)
16. Real Sociedad Española de Física (RSEF), 2024. Problemas de la Olimpiada Española de Física. Disponible en: <https://rsef.es/problemas-de-la- oef>