

## Elaboración de material didáctico para la enseñanza del funcionamiento de motores de combustión interna

N. Álvarez, W. Giraldo, G. López y N. Arias Ávila.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia; [nuna273@hotmail.com](mailto:nuna273@hotmail.com)<sup>†</sup>;  
[betogiraldo1@hotmail.com](mailto:betogiraldo1@hotmail.com)

<sup>†</sup>autor para la correspondencia

Recibido el 1/02/09. Aprobado en versión final el 15/06/10.

**Sumario.** Dentro de las últimas corrientes en la enseñanza de las ciencias se ha destacado el papel de materiales didácticos sistémicos, que incluyan dispositivos que permitan al estudiante interactuar en el proceso de construcción del conocimiento. En éste trabajo se presenta el resultado de la elaboración de material didáctico integral de bajo costo, como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje del funcionamiento de motores de combustión interna tipo Otto, orientado a estudiantes de educación superior. El material didáctico elaborado está conformado por tres elementos integrales dependientes entre sí: Una unidad didáctica enfocada a la práctica experimental, un modelo de pistón, diseñado para tal efecto, y un soporte teórico virtual (página Web). Los elementos mencionados brindan una herramienta que puede ser empleada de diferentes formas y en diferentes tiempos dependiendo de la programación específica de cada asignatura. Al final del trabajo se presentan los resultados obtenidos en pruebas piloto con el material elaborado, haciendo un breve análisis de los mismos.

**Abstract.** Within the latest in teaching of science has highlighted the role of systemic educational materials, including devices that allow the student to interact in the process of constructing knowledge. In this paper presents the result of the development of educational materials of low cost, as a support for the teaching-learning operation of internal combustion engines Otto kind, aimed at students in higher education. The educational materials developed consists of three elements integral to each other dependents: A teaching unit focused on the practical experimental model of a piston, designed for that purpose, and a virtual media theorist (website). The above items provide a tool that can be used in different ways and at different times depending on the specific programming for each subject.

**Palabras clave.** Education, 01.40.-d, Motors, 84.50.+d, Thermodynamic properties of gases, 51.30.+i

### 1 Introducción

En la docencia se ponen en juego las habilidades del profesorado en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como sus conocimientos científicos y didácticos al igual que su experiencia, por ésta razón se hace necesario preparar y personalizar el tema que se quiere exponer teniendo en cuenta el grupo al cual va dirigido. Este trabajo surge de la necesidad de optimizar el proce-

so de enseñanza aprendizaje del funcionamiento de motores de combustión interna tipo Otto, para lo cual se planteó diseñar y construir material educativo de bajo costo, como un conjunto sistémico conformado por una unidad didáctica (UD), con un pistón didáctico (PD) y una presentación virtual (página web) que incluye una guía de operación del pistón.

La unidad didáctica explica los principales fenómenos físicos que intervienen en el funcionamiento del pistón de un motor de combustión interna de cuatro tiem-

pos, para ello se formularon algunas situaciones problema las cuales se fueron planteando a medida que se desarrollaba y construía el pistón didáctico, haciendo énfasis en el comportamiento de la presión y el volumen del gas al interior del cilindro.

En la unidad didáctica se proponen actividades a nivel teórico y práctico, que buscan mejorar la comprensión de los conceptos empleados en asignaturas tales como: motores de combustión interna, termodinámica, máquinas térmicas, que se cursan actualmente en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

El pistón didáctico fue elaborado pensando en que el proceso mecánico fuese visible, de tal forma que se elaboró el cilindro o camisa un material transparente (resina translúcida) y las piezas restantes en materiales convencionales que permiten mostrar el funcionamiento del mismo.

La página web es netamente informativa, contiene los aspectos necesarios para desarrollar la unidad didáctica, como son teoría, guía de manejo del pistón didáctico, la UD en archivo pdf para quienes quieran tener ésta en físico, y una animación del pistón didáctico que recrea su funcionamiento.

## 2 Estructura del material didáctico

El pistón didáctico se diseñó con ayuda de un software llamado Solid Edge, el cual permitió visualizarlo en tres dimensiones (3D) antes de elaborarlo realmente; gracias a esta herramienta se realizaron los planos de cada pieza y posteriormente se dio paso a la fabricación, para finalmente realizar el ensamble de todo el pistón.

El modelo de PD permite observar los tiempos de un motor de combustión interna, excepto la etapa de explosión, ya que éste está pensado para ser manipulado por estudiantes dentro de un aula de clase y por precaución no es conveniente usar combustibles; además la explosión produce gases que son contaminantes además impiden la clara visualización del proceso.

El modelo cuenta con un manómetro y una escala de volumen en el exterior, que permiten medir las variables presión ( $p$ ) y volumen ( $V$ ) en los cuatro tiempos que se desarrollan en todo el proceso en el pistón de un motor de combustión interna.

Para cumplir los objetivos propuestos se elaboraron dos camisas (o cilindros), una de ellas fabricada en resina traslucida que permite observar el desplazamiento del pistón a lo largo del cilindro y la variación del volumen; y otra fabricada en aluminio, material que se utiliza comúnmente para la fabricación de cilindros neumáticos ya que brinda una mayor hermeticidad por el acabado de superficie, lo cual permite realizar las mediciones de " $p$ ". Además los dos materiales utilizados son livianos facilitando así el desplazamiento entre aulas si fuese necesario.

La toma de datos  $p$  y  $V$  se realiza con el cilindro de aluminio, teniendo en cuenta las indicaciones de la guía de funcionamiento, las cuales explican el movimiento

del cigüeñal con sus "puntos muertos" extremos superior e inferior.



**Figura 1.** Fotografía del modelo de pistón didáctico con cilindro de resina.



**Figura 2.** Fotografía del modelo de pistón didáctico con cilindro de aluminio.

El costo de la fabricación del modelo de pistón es una de las ventajas de ésta herramienta didáctica, ya que en comparación con sistemas similares que se encuentran en el mercado colombiano es notablemente más bajo.

Para la elaboración de la unidad didáctica se realizaron y aplicaron una serie de cuestionarios con el fin de detectar preconcepciones en los alumnos hacia los cuales van dirigidas las actividades propuestas. Lo mismo se propone hacer en los diferentes cursos donde se emplee el material didáctico, con el fin de personalizar el enfoque de las actividades y situaciones problema a desarrollar dentro del proceso de enseñanza aprendizaje del tema.

Se considera importante fusionar la teoría y la práctica permitiendo que sean los mismos estudiantes quienes propongan soluciones y conclusiones.

La unidad didáctica es la programación del proceso de enseñanza-aprendizaje del funcionamiento de un pistón en un motor de combustión interna tipo Otto, que se convierte en eje integrador del proceso, cuenta con objetivos, teoría resumida que da

pautas para la comprensión del tema, situaciones problema relacionadas con la vida diaria que buscan que el

**Tabla I**

Recreación para el tiempo de admisión.

Volumen cm <sup>3</sup>	Presión kPa
94	100
115	100
135	100
156	100
177	100
199	100
218	100
239	100
260	100
282	100

estudiante relacione conceptos teóricos con la realidad, actividades para desarrollar a nivel individual y en grupo, con el fin de complementar el conocimiento enriqueciéndolo con todos los aportes que salen de la práctica.

En la educación no existe una receta o forma específica para enseñar, en ese sentido se elaboró el material didáctico pensando en que ayudara en la comprensión del tema del funcionamiento de un pistón de un motor de combustión interna pero no solo a un grupo determinado, la idea es que quien esté interesado en el tema pueda hacer uso del material.

La página web se elaboró en flash, algunos elementos importantes que se tuvieron en cuenta en su elaboración siguen los lineamientos relacionados en el libro: “Experimento y Simulación (Opciones didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Física)”<sup>1</sup>.

Para tener una fácil navegación, se cuenta con un menú de contenidos de forma que se puede ir justo al tema de interés. Los enlaces e hipervínculos permiten saltar de tema en tema, retroceder o adelantar según sea necesario; se procuró proporcionar información precisa, con un lenguaje claro, siguiendo un patrón para que el usuario no distraiga su atención del tema de estudio.

De todos los textos utilizados que son muy extensos, se hizo un resumen, pero además se creó un hipervínculo que conduce al texto completo. Se utilizaron dos tipos de fuente, un fondo que contrasta con el color de la fuente, y renglones de no más de 40 letras, para no cansar al lector.

### 3 Resultados

El diseño y construcción del material didáctico es el principal resultado que se quiere presentar, sin embargo también se mostrarán los datos representativos de la prueba piloto realizada.

Es importante recalcar que el modelo construido no refleja en su totalidad el comportamiento de un pistón de un motor de combustión interna, puesto que no cuenta con materiales que soporten altas temperaturas, y no se recrea la etapa de explosión.

Las pruebas piloto iniciales fueron realizadas con compañeros de clase de los estudiantes autores del presente trabajo; posteriormente se realizará la implementación de todo el material didáctico con estudiantes de las diferentes asignaturas afines al tema.

Los resultados de estas pruebas permitirán hacer algunos correctivos y mejoras al material didáctico elaborado.

**Prueba piloto con modelo de pistón didáctico.** A continuación se presentan las tablas de medición de  $p$  y  $V$  para cada uno de los cuatro tiempos que se recrean en el pistón didáctico.

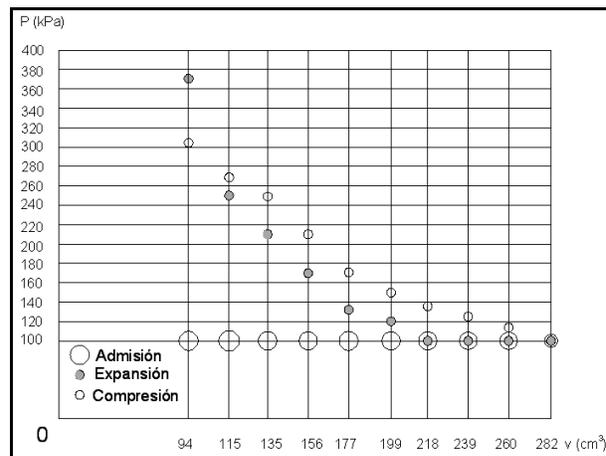
En el caso de la presión se usó un manómetro y a todos los valores se le sumó la presión atmosférica para expresarla en valores absolutos.

Volumen $\text{cm}^3$	Presión kPa
94	307
115	266
135	252
156	210
177	169
199	148
218	138
239	121
260	114
282	100

Volumen $\text{cm}^3$	Presión kPa
94	376
115	251
135	210
156	170
177	135
199	120
218	100
239	100
260	100
282	100

Volumen $\text{cm}^3$	Presión kPa
94	100
115	100
135	100
156	100
177	100
199	100
218	100
239	100
260	100
282	100

Volumen $\text{cm}^3$	Presión kPa
94	426
115	301
135	260
156	220
177	185
199	170
218	150
239	150
260	150
282	150



**Figura 3.** Gráfica típica de presión vs. volumen, obtenida en las pruebas piloto sin el ajuste de datos en el tiempo de expansión.

En la Figura 3 se aprecia la variación de presión y volumen en los cuatro tiempos tal como se obtienen con el pistón didáctico; aquí la curva del tiempo de expansión registra valores inferiores a los del tiempo de compresión, esto se debe a la ausencia de la etapa de explosión como ya se dijo, además de pequeñas pérdidas de presión por no lograrse una hermeticidad perfecta.

Debido a que la etapa de explosión no se desarrolla, por las razones de seguridad ya expuestas, es necesario hacer algunos ajustes a los datos que se obtienen en el tiempo de expansión (Tabla V), “simulando” la etapa omitida por medio del aumento de 50 kPa a los datos de presión obtenidos en el tiempo de expansión (Tabla III); este valor es preliminar, mientras se hacen más pruebas que permitan determinar el valor más apropiado para recrear de mejor forma el ciclo teórico.

En la Figura 4 se muestra el ciclo en donde el tiempo de expansión fue ajustado para que se asemeje al ciclo Otto teórico.

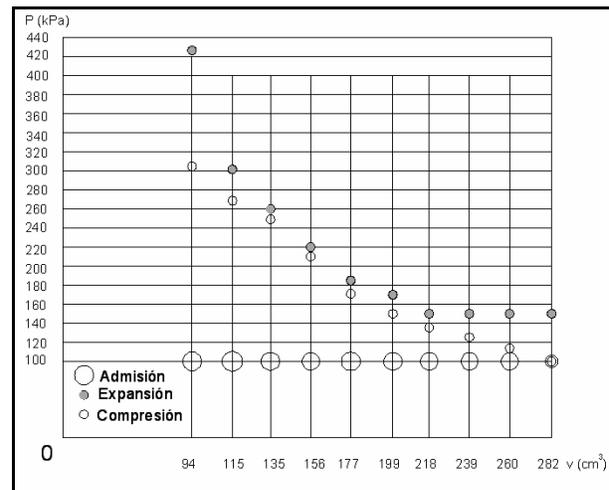
## 4 Conclusiones

Se diseñó y construyó un material didáctico sistémico para la enseñanza del funcionamiento motores de combustión interna. El material didáctico posibilita la interacción directa con los alumnos, permite visualizar el funcionamiento del pistón, cuyo tamaño y masa hacen que sea fácil de movilizar. Los instrumentos de medición instalados hacen sencilla la toma de datos, y su costo permite su construcción o adquisición.

La página web del pistón, estará vinculada al portal de la Universidad Distrital, en el sitio de los estudiantes, de tal forma que cualquier persona interesada en el tema podrá visitarla; los estudiantes de las asignaturas afines a la temática en referencia podrán consultar e informarse previamente al desarrollo de la unidad didáctica, de tal forma que se tengan nociones para la realización de todas y cada una de las actividades propuestas.

Los ajustes necesarios en el tiempo de expansión aún son materia de estudio, estos serán definidos después de realizar más pruebas con el modelo construido.

El material didáctico presentado es útil, no se conoce en el país algo que reúna características similares, con ese nivel de costos.



**Figura 4.** Gráfica de presión vs. volumen, obtenida en las pruebas piloto con el ajuste de datos en el tiempo de expansión.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por brindar el apoyo para la realización del mismo, y poder socializarlo en este evento.

## Referencias

1. A. Hurtado, C. Lombana, M. Fonseca y O. Ocaña, “Experimento y Simulación (Opciones didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Física)”. Bogotá. Fondo de publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 202 p. (2006).
2. D. Couso, “Unidades didácticas en ciencias y matemáticas”, Cooperativa Editorial Magisterio, pp. 16-55 (2005).
3. I. Granet, “Termodinámica”, México, Prentice-Hall Hispanoamérica S.A., pp. 458-460 (1995).