

igual, pero usando aceite o alcohol en vez de agua, por ejemplo (el aceite es más seguro, desde luego). ¿Qué tan diferente es la flotabilidad del barco en agua comparada con el otro líquido? Aunque la diferencia de densidades no es tan dramática como lo es entre agua y metano líquido, hacer el experimento con aceite da una buena idea de lo que pasa cuando se pasa de un medio fluido a otro.

#### IV. Mesografía

1. La siguiente liga muestra cómo hacer un "Buzo cartesiano", el cual se relaciona directamente con el proyecto que van a realizar los alumnos de secundaria: <http://www.seed.slb.com/es/scictr/lab/diver/index.htm>
2. Junior Engineering, 1997. "Buoyancy," Utah State University: <http://www.engineering.usu.edu/jrestate/workshops/buoyancy/buoyancy.php>.
3. En este artículo se pone a los estudiantes de bachillerato a pensar sobre lo que pasa cuando se sumerge un objeto en un medio de menor densidad que el agua y se vincula con temas de astronomía y el Sistema Solar. Phillips, T., 2005, "Los arcoiris sobre Titán": [http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2005/25feb\\_titan2.htm](http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2005/25feb_titan2.htm)

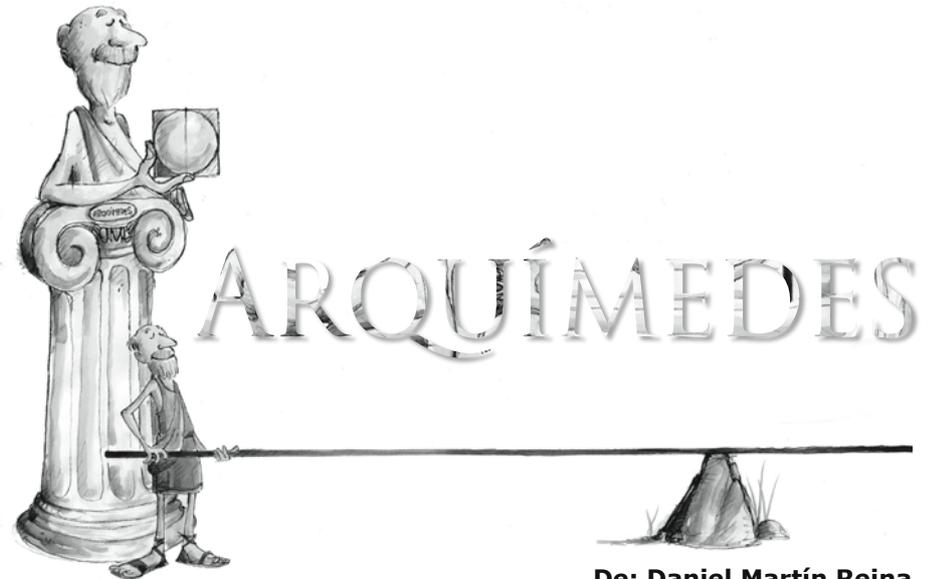
tabilidad en función de la masa contra volumen de barco.

Se pueden utilizar otros materiales para construir los cascos de los botes. Por ejemplo, mitades de cartones (plastificados) de leche o jugos, o también se puede desdoblar con cuidado cada envase y darles una nueva forma, pegando cada orilla con cinta adhesiva plastificada.

#### III. Proyecto para nivel bachillerato

Aquí se presenta otro experimento para alumnos más avanzados (bachillerato). La nave espacial *Cassini*, de la NASA y la Agencia Espacial Europea, llegó en 2005 a la superficie de Titán, la luna más grande de Saturno. Allí encontró evidencia de que existen enormes cuerpos de metano líquido. En la Tierra el metano es un gas, también conocido como gas natural. Es un hidrocarburo de un solo carbono ( $\text{CH}_4$ ). Sobre Titán, donde la superficie está a  $-179^\circ\text{C}$ , el agua sería un sólido y el metano se encuentra en estado líquido. ¿Cuál es la densidad del metano líquido? ¿Cómo es la densidad de esta sustancia comparada con la del agua líquida? Si un barco pudiera flotar con 100 monedas en agua, ¿cuántas monedas soportaría si tuviera que navegar en un recipiente lleno de metano líquido (en la Tierra)? Un experimento que se podría hacer es utilizar un fluido con una densidad diferente a la del agua. ¿Cómo se logra esto? Diseñando todo el experimento

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



De: Daniel Martín Reina  
(No. 113, p. 26)

#### I. Relación con los temarios del Bachillerato UNAM

Esta guía y el artículo de referencia pueden utilizarla maestros de física o matemáticas, principalmente, ya que la actividad experimental que se presenta y la reflexión sobre la relación entre ambas ciencias versan sobre aspectos, conceptos y recomendaciones íntimamente relacionados con estas disciplinas, enmarcados en esta ocasión por el pensamiento y los métodos de este célebre filósofo griego.

#### II. Un proyecto de investigación sobre la flotabilidad

Este proyecto se plantea para profesores de segundo grado de secundaria, donde la entrada de la reforma a los planes y programas de estudio plantea el trabajo por proyectos como una estrategia básica para el desarrollo de habilidades y competencias de ciencias.

#### Objetivo

El propósito de este proyecto es que los alumnos determinen cuánto peso puede soportar un barco según el volumen de su casco. Para ello tienen que realizar experimentos y mediciones que sustenten su hipótesis y concluir sobre el principio de Arquímedes.

#### Introducción para el maestro

Una tuerca de acero se hunde en una cubeta de agua, pues los grandes barcos están contruidos de este material. ¿Qué determina que un objeto flote o se hunda? La densidad (la masa por unidad de volumen) del objeto: si es mayor que la del fluido en el que se coloca, el objeto se hundirá, si es menor, flotará. Si el objeto tiene la misma densidad que el fluido, ni se hunde ni flota. En el caso de un barco cuyo casco se construye de acero, es la forma del barco lo que importa. El casco hueco contiene una gran cantidad de aire

que ocupa un gran volumen pero que tiene una masa pequeña. La densidad total del casco, contando el interior, está definida por:

$$\frac{\text{(masa del casco de acero + masa del aire contenido)} / \text{volumen}}$$

Arquímedes descubrió su famoso principio meditando sobre la corona del rey Herón, como dice el artículo de referencia, el cual aprovecha este experimento para observar que el agua desplazada por el objeto genera una fuerza que lo mantiene a flote. En este proyecto los equipos de trabajo construyen diferentes cascos utilizando materiales simples (como papel aluminio y cinta adhesiva o *masking tape*) y el reto consiste en que los alumnos predigan cuántas monedas de un peso puede soportar su barco antes de hundirse.

### Términos, conceptos y preguntas

Antes de empezar se recomienda que los alumnos investiguen algunos términos en sus libros de texto o en el artículo de referencia: peso, masa, volumen, densidad, flotabilidad, desplazamiento. También pueden realizar previamente una búsqueda en Internet (que no incluya Wikipedia ni otras fuentes poco especializadas) sobre el principio de Arquímedes, del que se deriva toda la actividad.

que los chicos diseñen su propio experimento y utilicen sus propios materiales, no está de más tener algunos disponibles, sobre todo para los equipos que no tienen mucha idea de cómo empezar y qué hacer para responder al reto. Para construir los barcos pueden utilizar:

- Cinta adhesiva o *masking tape*
- Papel aluminio o papel encerado

Para medir el volumen de los barcos se necesitará:

- Una regla
- Arroz bien seco (sin cocinar)
- Una taza de medir de cocina o una probeta graduada

Para probar la flotabilidad de los barcos se necesitará:

- Un recipiente (una cubeta, un *bowl* para cocinar grande, una palangana, etc.)
- Veinte pesos en monedas (de un peso, digamos)

Un procedimiento experimental posible (se propone a los alumnos sólo si hay poco tiempo para desarrollar el proyecto o no encuentran ideas por sí mismos, en cuyo caso se sugiere que no se les otorgue la misma calificación que a los demás) es:

1. Utilizar el papel de aluminio para construir barcos con volumen de casco variable (al menos tres tamaños distintos)

a. El papel de aluminio se puede doblar o cortar, dependiendo de la forma que se quiera dar al material. En un experimento se puede plantear que los tres barcos sean iguales en forma, pero de distintos tamaños.

En otro tipo de experimento pueden variar la for-

ma manteniendo constante la cantidad de aluminio.

b. Antes de hacer las pruebas con las monedas es muy importante revisar que no haya fugas ni puntos por donde pueda entrar agua.

2. Calcular el volumen de cada barco, dependiendo del tamaño del casco. A continuación se sugieren dos métodos para hacerlo. ¿Cuál de los dos será el más exacto? Es muy importante que los alumnos descubran cuál es mejor para determinar el volumen, lo cual se favorece si siguen el método matemático y lo comparan luego con el procedimiento físico.

a. Método de la regla

- Usar la regla para medir la altura, largo y ancho del casco del barco. Anotar el resultado en  $\text{cm}^3$ .

- Si algunas partes del casco de los barcos son de forma irregular, medir aproximando el volumen por medio del método de aproximaciones. Usar triángulos para aproximar las áreas de los cascos que son curvos o con ángulos diferentes a  $90^\circ$ . Se pueden utilizar los volúmenes de prismas rectangulares para algunas partes de volumen regular del casco. Calcular el volumen de cada subsección (que se aproxima al volumen, no es el volumen real) y luego sumarlas.

b. Método del arroz

- Llenar al ras el casco del barco con arroz.

- Con cuidado para no dañar el casco, verter el arroz seco en la taza de medir (o en la probeta).

- Agitar la taza suavemente (o la probeta) para que el arroz se asiente bien y minimizar los huecos de aire.

- Leer el volumen que marca la taza con el arroz. Ése es el volumen del casco. Una vez que se tiene idea del volumen, hacer las estimaciones de cuántas monedas soportará cada uno.

3. Medición de la flotabilidad en cada casco de barco.

a. Con cuidado, poner a flotar cada barco en el recipiente con agua.

b. Agregar una por una las monedas. Seguramente habrá barcos que sean menos estables que otros. Para esto se recomienda poner especial atención en equilibrar el número de monedas añadido y repartirlas por donde se logre un efecto de mayor estabilidad, de manera que cuando se hunda sea por el exceso de masa y no por la inestabilidad del punto de apoyo sobre el agua.

c. Se cuentan las monedas hasta que el barco se hunde, la moneda que hundió el barco ya no cuenta; es decir, queda fuera del peso añadido.

4. Realizar una gráfica de flotabilidad determinada por el número de monedas que soportó el barco (que se graficará en el eje de ordenadas  $y$ ) contra el volumen del casco en el eje de las abscisas  $x$ ). ¿Qué se deduce de los resultados? ¿Qué relación hay entre la flotabilidad de un barco y el volumen de su casco? ¿De qué sustancia está prácticamente lleno todo el barco? ¿Cómo ayuda la presencia del aire a reducir masa y por lo tanto reducir también su densidad? ¿Hay algún efecto adicional si la forma del barco varía? ¿Por qué?

### Variaciones

Midiendo la masa promedio de una moneda se puede corregir la gráfica y pasar de número de monedas a peso (en gramos). Si no se cuenta con una balanza, se puede pedir prestada la balanza de la oficina de correos para pesar la masa de 10 o 20 monedas (todas iguales juntas) y luego dividir el valor total entre el número de monedas para obtener la masa promedio de una sola. Al final, y para cada barco, se puede multiplicar el número de monedas que aceptó antes de hundirse por la masa promedio de cada moneda y convertir la flo-

