



## Unidad 2

# Fluidos

### Contenidos Mínimos

#### 1. Hidrostática

- a. Distinción entre fluidos, por ejemplo, líquidos, gases y sólidos rígidos. Descripción elemental en términos del movimiento de los átomos o moléculas que los componen.
- b. Características de la presión en fluidos. Deducción de la expresión para la presión a distintas profundidades de un líquido. Aplicaciones, como los frenos y prensas hidráulicas. Medición de la presión sanguínea.
- c. El principio de Arquímedes introducido a través de la observación experimental. Determinación de las condiciones de flotabilidad de un objeto: su dependencia de la naturaleza del fluido, por ejemplo, agua, aire, etc. Elaboración de una tabla de datos experimentales; uso de gráficos y análisis de tendencias.
- d. Observación y caracterización del fenómeno de la capilaridad. Su importancia en el mundo vegetal, animal y otros ejemplos.

#### 2. Hidrodinámica

- a. Expresión de Daniel Bernoulli para la conservación de la energía en un fluido. Discusión y aplicaciones a situaciones como la sustentación de los aviones, los sistemas de riego, etc.
- b. Objetos que se mueven en un fluido: roce y velocidad terminal. Ejemplos tales como el paracaídas, la lluvia, etc.
- c. Nociones acerca de los aspectos físicos del sistema cardiovascular. Presión sanguínea.
- d. Elaboración individual de un escrito y exposición oral acerca de un personaje científico como Arquímedes, Isaac Newton, Daniel Bernoulli, que incluya una descripción y discusión de sus principales contribuciones a la ciencia.

### Aprendizajes esperados

Al completar la unidad alumnas y alumnos:

- reconocen situaciones de la vida diaria que se explican en base a la presión, como por ejemplo, el poder tomar bebida con una pajilla;
- aplican el modelo atómico y molecular para explicar el comportamiento de los fluidos y los efectos de la presión;
- comprenden el funcionamiento de diversos sistemas hidráulicos, como por ejemplo, el de los frenos de los automóviles;
- en base al principio de Arquímedes comprenden las condiciones de flotabilidad, por ejemplo, de los barcos;
- explican el fenómeno de la capilaridad y reconocen su importancia, por ejemplo, a nivel biológico;
- utilizan el principio de Bernoulli para explicar, por ejemplo, la sustentación de los aviones;
- reconocen en las leyes que describen el movimiento de un cuerpo en un fluido una explicación para la velocidad límite que alcanza, por ejemplo, una gota de lluvia en la atmósfera;
- describen las principales características físicas del sistema cardiovascular;
- conocen aspectos biográficos de quienes desarrollaron la física de los fluidos.

### Recomendaciones al docente

- Los contenidos de la presente unidad permiten en general un tratamiento en base a la observación directa. Procurar que los alumnos y alumnas observen primero el fenómeno y después instarlos a formular hipótesis o modelos explicativos. Luego presentar los contenidos con los formalismos que corresponda.
- Enfatizar la observación, la medición y la experimentación utilizando materiales simples que normalmente están al alcance de todos: botellas y otros recipientes de uso diario, mangueras, pajillas, etc.
- Hacer que los estudiantes planifiquen experimentos, midan, construyan tablas y gráficos, los interpreten y hagan estudios de tendencias, etc. Los temas de la unidad se prestan para ello. Mencionar, como siempre, las unidades de cada medición y estimar en cada caso las incertezas involucradas en la medición de magnitudes.
- Es fundamental ir desarrollando la percepción que la física tiene una sorprendente cobertura de lo cuantitativo. Para ello, desarrollar con frecuencia estimaciones y cálculos numéricos frente a los alumnos y alumnas, siempre comentando los resultados obtenidos. Es necesario también que los estudiantes trabajen numerosos problemas en forma individual, los que pueden ser asignados de textos o entregados como guías por el docente.
- Es preferible que las actividades que puedan implicar riesgos sean realizadas por el profesor o profesora en forma demostrativa, tomando todas las precauciones que correspondan. Por ejemplo, especial cuidado requiere el curvar o sellar tubos de vidrio en un mechero para construir un barómetro (en que las quemaduras pueden ser graves), o el trabajo con mercurio, cuyo contacto con la piel o cuya respiración de sus vapores al derramarse resultan altamente tóxicos.

# 1. Hidrostática

## a) Descripción general de los fluidos

### Detalle de contenido

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASES

Sus propiedades macroscópicas generales perceptibles y la explicación de ellas en base a un modelo microscópico de la materia: átomos, moléculas y fuerzas de cohesión.

### Actividades genéricas y ejemplos a elegir

#### Actividad

Describen las propiedades generales de la materia en sus estados sólido, líquido y gaseoso. Formulan hipótesis que les den explicación.

#### Ejemplo A

- En base a la reflexión en torno a experiencias cotidianas su observación de varios objetos en circunstancias diversas, hacen un listado de las principales propiedades macroscópicas de sólidos, líquidos y gases y destacan las diferencias entre ellos.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Orientar a los estudiantes a reconocer en los sólidos una forma propia y volumen bien definidos; en los líquidos, un volumen bien definido pero una forma que se adapta al recipiente que los contiene; en los gases, la tendencia a ocupar todo el espacio disponible adaptándose al recipiente que los contiene. Mencionar que en el espacio interestelar los fluidos tienden a tomar forma esférica como las gotitas microscópicas de que se forman las nubes. Analizar la situación de la atmósfera terrestre la cual se iría al espacio interplanetario si no fuera por la atracción gravitatoria terrestre.

Aprovechar para hacer hincapié en que las definiciones, aunque útiles, no siempre se prestan para ser seguidas a ciegas. Mencionar por ejemplo que el vidrio, aunque comúnmente se lo considera un sólido, en forma muy lenta fluye como si fuera un líquido. Prueba de ello lo constituyen los viejos vidrios de algunas catedrales medievales, en que claramente se advierte un mayor espesor en su parte inferior que en la superior. Mencionar que lo más cercano a un sólido rígido es un cristal de diamante. Recordar también que los materiales sólidos, líquidos y gases en general tienden a cambiar de volumen con la temperatura, fenómeno que en 2º Medio se introdujo como dilatación térmica.

Considerar la situación de los otros planetas y satélites del sistema solar. Mencionar el hecho que el Sol y en general las estrellas luminosas son astros esencialmente gaseosos. Las estrellas de neutrones, excepcionalmente densas, clasifican mejor como sólidos.

Ejemplo B

- Construyen un modelo para la materia que explique las propiedades descritas en el ejemplo anterior.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Guiar a los estudiantes a buscar una explicación a nivel microscópico de la distinción entre sólidos, líquidos y gases. Enfatizar que el modelo sea lo más coherente posible y que dé cuenta, si no de todas, de un número significativo de las propiedades antes reconocidas. Una vez hecho el esfuerzo por parte de los alumnos y alumnas, conviene describir en términos muy elementales las ideas clásicas que al respecto ha tenido la física refiriéndose a átomos, moléculas, fuerzas eléctricas de cohesión, etc. Es conveniente coordinar esta clase con la asignatura de Química.

---

## b) Presión hidrostática

### Detalle de contenidos

#### CONCEPTO DE PRESIÓN Y SU MEDICIÓN

Definición de presión ( $P$ ) como la razón entre la fuerza ( $F$ ) que aplica un cuerpo sobre otro y el área de contacto ( $A$ ) entre ellos:  $P = \frac{F}{A}$ . El *pascal* (Pa) como unidad de presión del Sistema Internacional de unidades (S.I.). Efectos de la presión en líquidos (vasos comunicantes, la presión en el fondo del mar) y gases (balones, atmósfera terrestre, el barómetro de Torricelli). Ejemplos de cálculo.

#### EL PRINCIPIO DE PASCAL

Transmisión de la presión en los fluidos. Enunciado e ilustración del principio de Pascal.

#### APLICACIONES TÉCNICAS

La máquina hidráulica como dispositivo multiplicador de la fuerza. Ejemplos de sistemas hidráulicos y sus principales aplicaciones.

## Actividades genéricas y ejemplos a elegir

### Actividad 1

---

**En base al concepto de presión explican el funcionamiento de utensilios corrientes como cuchillos, tijeras, alfileres, etc. Analizan cómo las personas perciben la presión.**

#### Ejemplo A

- Formulan hipótesis destinadas a explicar diversas situaciones donde el concepto de presión es relevante. Por ejemplo, por qué los clavos para madera tienen punta, o por qué los cuchillos más afilados cortan mejor; o, de ser faquir, qué es preferible, acostarse en una cama con muchos o con pocos clavos.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

La discusión de problemas como estos permite introducir con facilidad la definición de presión como la fuerza aplicada dividida por el área de contacto. Con el propósito de familiarizar a los estudiantes con la definición de presión y también con su unidad en el Sistema Internacional de unidades (S.I.) que acostumbramos ( $\text{pascal} = \frac{\text{newton}}{\text{metro}^2} = \text{Pa}$ ), es conveniente calcular o estimar algunas presiones. Por ejemplo, la que aplica un libro o un ladrillo sobre la mesa en que descansa (analizar distintas posiciones), la que aplica la punta de un chinche cuando lo enterramos en un madero, la que ejerce sobre el suelo la más grande pirámide egipcia (Keops, de 138 m de altura), etc.

#### Ejemplo B

- Describen y analizan lo que se siente en las manos al empujar o levantar objetos de distinta forma, y lo que se siente cuando la enfermera nos clava la aguja de una jeringa. Elaboran hipótesis explicativas.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Para analizar la sensación que provoca un borde o punta agudos puede ser útil partir discutiendo cómo se distribuye el peso de una mesa sobre las cuatro patas, y cómo sería si fueran mil o sólo una. Comparar este último caso con una jeringa, haciendo ver que es una misma fuerza que se reparte en millones de millones de átomos en la mano de la enfermera, y sólo unos pocos en la piel del paciente. Conviene asesorarse con el profesor o profesora del subsector Biología en lo que se refiere a la fisiología involucrada en estos procesos.

## Ejemplo C

- Calculan la presión que ejercen sobre el suelo al estar de pie. Discuten la distinción entre peso y presión.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Este cálculo requiere conocer el peso en *newton* y el área de contacto entre sus zapatos y el suelo en el que están parados en  $m^2$ , para luego calcular la razón entre estas cantidades. Es importante instar a los estudiantes a que planifiquen bien su trabajo. Ayudarlos en el cálculo, principalmente en la determinación aproximada del área de la suela de sus zapatos, que suele complicarlos por lo complejo que son sus diseños. Instarlos también a comparar las presiones ejercidas por damas y varones con zapatos similares. Preguntarles cómo cambia la presión si levantan un pie del suelo, si se empujan, si se sientan, etc. Es instructivo calcular la presión que deben soportar los huesos de las piernas considerando que hay hombres y mujeres de hasta 200 kg.

## Ejemplo D

Miden la presión de aire de un neumático en un automóvil utilizando un manómetro corriente. Especulan lo que marcaría dicho instrumento si el neumático no estuviera puesto en el auto. Determinan finalmente este valor.

## INDICACIONES AL DOCENTE

El manómetro indica la presión del aire en el interior del neumático. Parte de esta presión es causa del peso del automóvil y hay que restarla. Se puede determinar esta parte calculando la presión según  $P = \frac{F}{4A}$  en que  $F$  es el peso del vehículo (su masa, generalmente señalada en el vehículo, multiplicada por la aceleración de gravedad) y  $A$  el área de contacto entre cada rueda y el piso. Puede ser oportuno explicar por medio de un esquema el modo en que funcionan los tradicionales medidores de presión de aire para los neumáticos, haciendo hincapié en las unidades en que normalmente se expresa y sus equivalencias con las unidades tratadas en este programa. Considerar por ejemplo que:

$$1 \frac{\text{libra}}{\text{pulgada}^2} = 5,171 \text{ cm Hg} = 0,06805 \text{ Atm} = 6805 \text{ Pa}$$

## Actividad 2

Calculan la presión que un líquido ejerce en distintos sectores de las paredes del recipiente que lo contiene, y en objetos sumergidos. Verifican experimentalmente lo que predice el cálculo.

### Ejemplo A

- Formulan hipótesis para explicar por qué la presión que soportan en el agua, por ejemplo, un buzo o un submarino, es mayor mientras más grande sea la profundidad a que se encuentre. Especulan también sobre si la presión que ejerce un líquido en el fondo del recipiente que lo contiene depende o no de la forma de éste. Discuten, por último, la dirección en que actúa la presión que ejerce un líquido sobre la superficie de un objeto sumergido.

### INDICACIONES AL DOCENTE

Una vez que los estudiantes han planteado sus argumentos, demostrar que la presión ejercida por un líquido en un punto cualquiera de él es  $P = Dgh$ , en que  $D$  es la densidad del líquido,  $g$  la aceleración de gravedad en el lugar en que nos encontramos y  $h$  la profundidad. Comentar que esta presión no depende de la forma del recipiente.

Para llegar a la expresión es conveniente recordar el concepto de densidad de masa  $D = \frac{M}{V}$ , y reflexionar sobre su valor en algunos materiales, sólidos, líquidos y gaseosos (ver tabla siguiente), haciendo algunas comparaciones entre ellos. Por trivial que parezca, es necesario explicar que líquido no es sinónimo de agua y que sólo la densidad del agua pura es, a  $0^\circ \text{C}$  y a 1 atm, exactamente  $1 \text{ gr/cm}^3$  o  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Posteriormente proceder a calcular algebraicamente la presión a una profundidad dada, como el cociente entre el peso de una columna vertical de fluido dividido y el área de su sección horizontal.

Gases		Líquidos		Sólidos	
Aire	$1,293 \cdot 10^{-3}$	Agua destilada	1,000	Aluminio	2,700
Hidrógeno ( $\text{H}_2$ )	$8,9 \cdot 10^{-5}$	Agua de mar	1,030	Cobre	8,900
Oxígeno ( $\text{O}_2$ )	$1,429 \cdot 10^{-3}$	Aceite de comer	0,920	Corcho	0,240
Nitrógeno ( $\text{N}_2$ )	$4,251 \cdot 10^{-3}$	Mercurio	13,600	Madera de pino	0,420

Todos estos valores están expresados en  $\text{g/cm}^3$ , a  $0^\circ \text{C}$  y 1 Atm

Es importante hacer ver que la fuerza sobre la superficie de un objeto sumergido es siempre perpendicular a aquella y también perpendicular a las paredes del recipiente. La secuencia de la figura 2.1 puede ser útil para explicar las ideas aquí expuestas.

Fig. 2.1

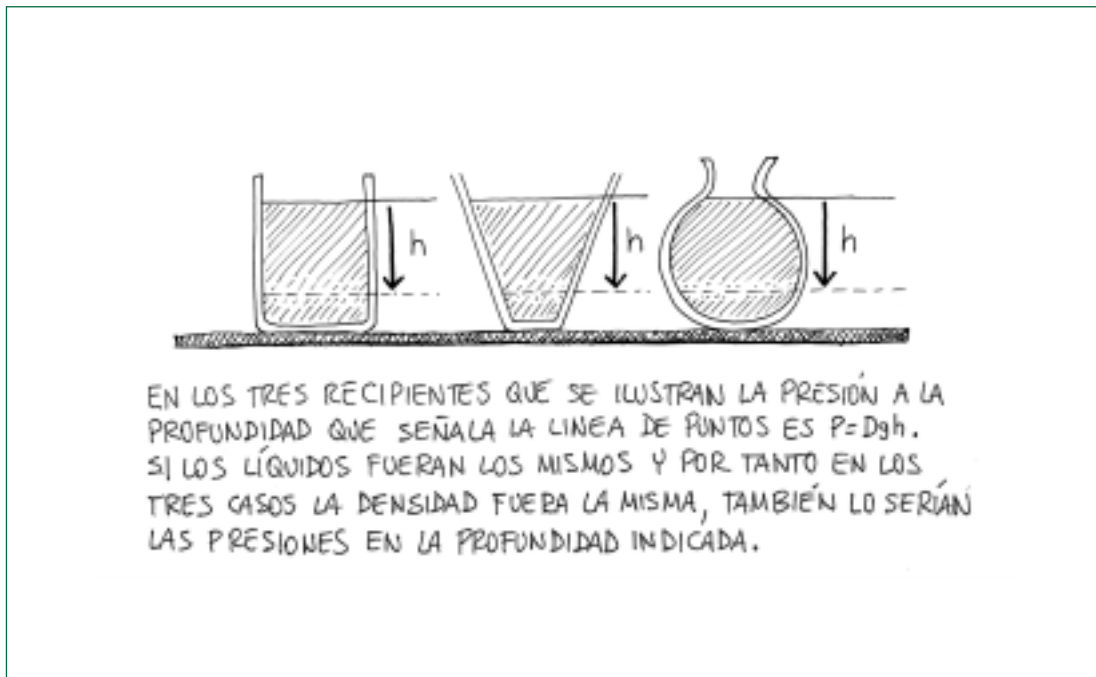
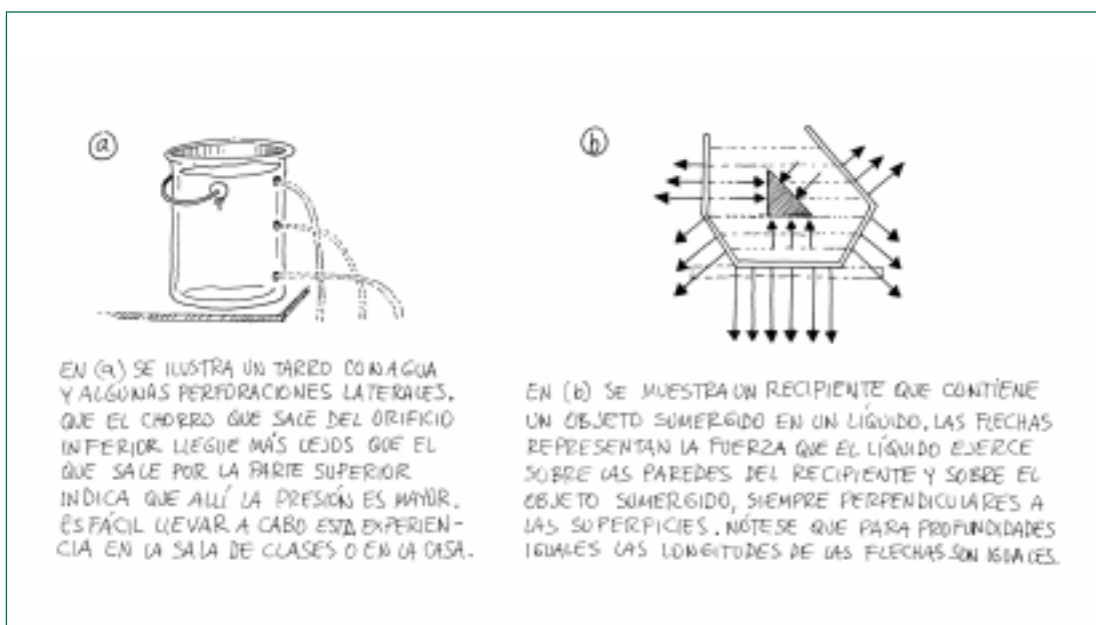


Fig. 2.2



## Ejemplo B

- Calcular la presión hidrostática en variadas situaciones; por ejemplo, la que produce el agua en el fondo del vaso que la contiene, las que ejercen columnas de igual altura pero de aceite y mercurio. Calcular la presión que soporta un hombre o una mujer buzo que se encuentra a diversas profundidades: 10 metros bajo el nivel del mar en medio del Océano Pacífico, las que soporta el hundido Titanic a unos 4000 m de profundidad, las que soporta un submarino de investigación de las profundidades que desciende en las fosas más profundas que se conocen (aproximadamente 12000 metros), las que soportan las grandes placas continentales a 100 km de profundidad. Comparar estas presiones y relacionarlas con la que daña al oído, la que revienta un neumático, etc.

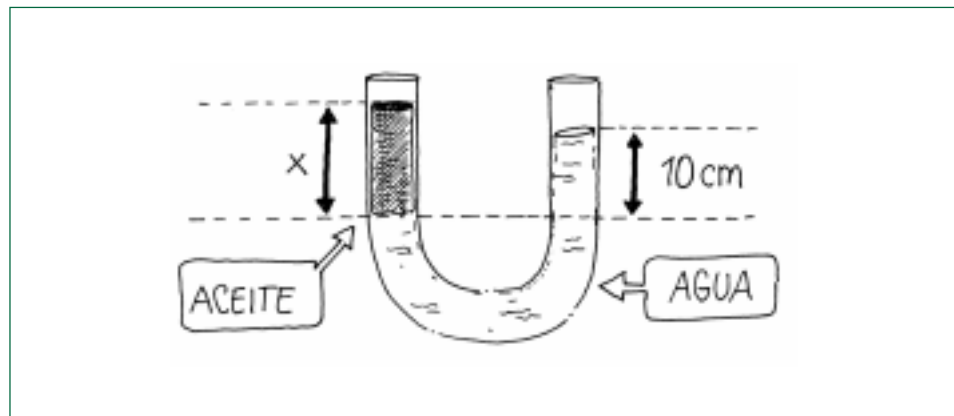
## INDICACIONES AL DOCENTE

Este tipo de problema debe tener el propósito de ejercitar la relación  $P = Dgh$  y, principalmente, que los estudiantes se familiaricen con los órdenes de magnitud de las presiones en una variada gama de situaciones. Puede ser adecuado adelantar que a las presiones que se calcularon debe sumarse la que ejerce la atmósfera de nuestro planeta.

## Ejemplo C

- Determinan la altura de una columna de aceite que se deposita sobre agua en un sistema de vasos comunicantes y luego lo verifican experimentalmente (ver figura 2.3).

Fig. 2.3



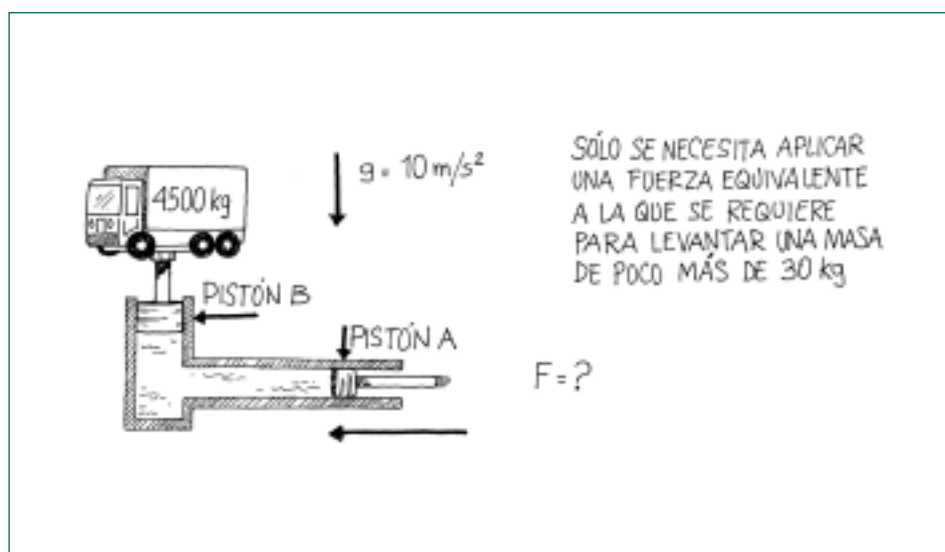
## INDICACIONES AL DOCENTE

El análisis y la experimentación con este tipo de situaciones, además de ser interesantes en sí mismas, pavimentan el camino para entender posteriormente la existencia y medición de la presión atmosférica mediante el barómetro de Torricelli. El tubo puede ser una U de vidrio o un trozo de manguera delgada transparente.

## Ejemplo D

- Calculan la fuerza que debe actuar sobre en el pistón A de la figura 2.4 para equilibrar la fuerza producida en el pistón B, si las áreas de los pistones son tales que la del pistón B es 150 veces mayor que la del A. Discuten la importancia de tener que incluir o no en el cálculo la presión del líquido debida a la acción de la gravedad.

Fig. 2.4



## INDICACIONES AL DOCENTE

La resolución y el correspondiente análisis de un problema como este tiene dos propósitos: explicar e ilustrar el *Principio de Pascal*, explicar el fundamento de la *prensa hidráulica* y otras *máquinas hidráulicas*. Es necesario que el alumno o alumna advierta que las presiones en ambos pistones son esencialmente las mismas y que, como consecuencia de ello, al no ser iguales sus áreas, las fuerzas tampoco lo son, resultando la razón entre sus valores igual a la razón entre sus áreas. Expresar este principio como  $\frac{F}{A} = \text{constante}$  o  $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ .

## Ejemplo E

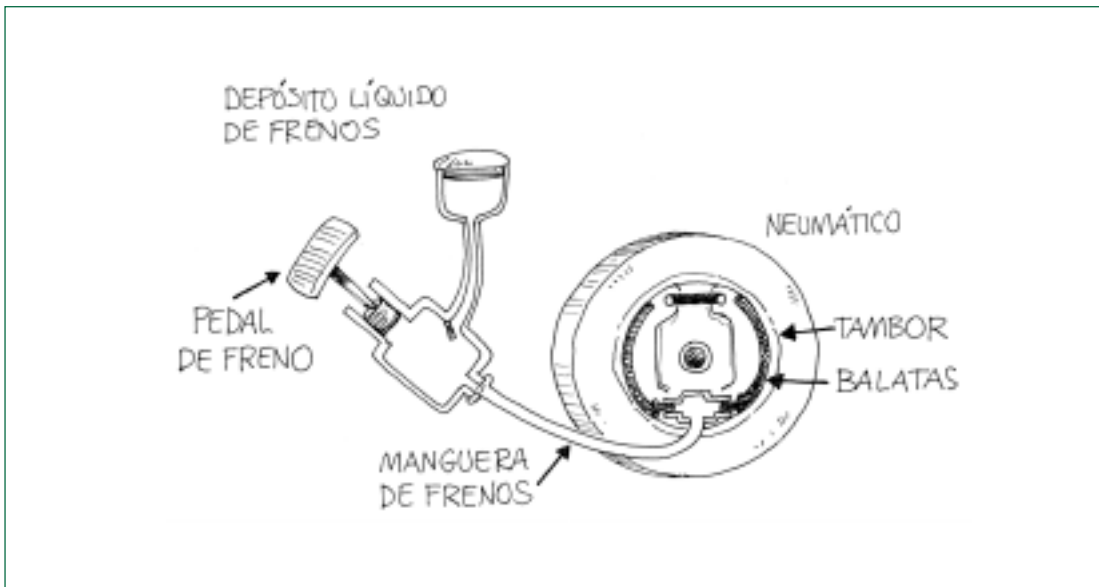
Describen y explican el funcionamiento de los frenos hidráulicos.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Un esquema como el de la figura 2.5 permite que los estudiantes identifiquen los principales elementos que conforman un sistema de frenos hidráulicos y expliquen la forma en que funcionan. Hay enciclopedias para computadoras que por medio de animaciones ilustran el funcionamiento de este tipo de frenos.

Mencionar que los denominados frenos de aire no consisten en que se reemplace el líquido para frenos por aire, sino que la presión ejercida por el pie del chofer en el pedal es asistida por un sistema de aire comprimido (servofreno), sistemas éste bastante más poderoso que los tradicionales pero que, de detenerse el motor (que es quien produce el aire comprimido) significa una pérdida significativa y peligrosa en el poder de frenado.

Fig. 2.5



Mencionar que además de los frenos de tambor (con balatas), existen los frenos de disco (con pastillas) modernamente empleados, principalmente en ruedas delanteras de automóviles y en motocicletas.

Como es posible que algunos alumnos y alumnas de este nivel ya manejen algún tipo de vehículo motorizado o bien lo harán en breve, es conveniente detenerse en explicar lo importante que es para la seguridad de las personas preocuparse periódicamente de la mantención del sistema de frenos: el nivel del líquido, el estado de balatas y pastillas, la condición en que se encuentran las mangueras, etc.

Si hay estudiantes interesados en proseguir estudios relacionados con la mecánica de automóviles, barcos o aviones, puede ser adecuado hacerles indagar sobre dichas profesiones y también sobre el funcionamiento de algunos sistemas hidráulicos tales como el de dirección, amortiguadores, gatas, etc.

Ejemplo F

- Discuten y analizan el significado de la presión atmosférica. Reflexionan acerca del hecho que el aire pese.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Una forma de presentar el tema es que después que los estudiantes planteen sus ideas, el profesor o la profesora proceda a relatar los hechos históricos principales al respecto. Puede iniciarse este relato con la idea aristotélica de que la naturaleza le tendría “terror al vacío”, para seguir con los primeros esfuerzos por producirlo, como los de Otón von Guericke. Después es conveniente relatar y, si es posible, realizar el experimento de Evangelista Torricelli para medir la presión en cualquier lugar (véase la secuencia en la figura 2.6). En el anexo C se dan algunas ideas para construir un barómetro de mercurio de buena calidad y que puede servir por muchos años. Finalmente, se puede calcular la presión a partir de la altura de la columna de mercurio, expresando el resultado en *pascales*.

Fig. 2.6



Al realizar el experimento descrito en la figura hay que tener mucho cuidado de que el tubo de vidrio esté bien sellado y que soporte el peso del mercurio sin romperse, razón por la cual debe ser muy bien probado antes de trabajar frente a los estudiantes. También hay que ser cuidadoso al llenar y vaciar el tubo, pues el mercurio derramado en la sala de clases puede resultar perjudicial para la salud ya que es muy tóxico. Si esto ocurriera, limpiar y ventilar muy bien el recinto.

Destacar:

- el vacío de la parte superior del barómetro;
- la razón de usar mercurio y no otro líquido.

Es instructivo aprovechar este ejemplo para:

- calcular el largo que debiera tener el tubo si el experimento fuera a realizarse con agua;
- explicar el por qué podemos tomar bebida con una pajilla (ver figura 2.7 a);
- explicar desde qué máxima profundidad se puede hacer subir agua desde el fondo de un pozo por medio de una bomba de impelencia situada a ras del suelo (ver figura 2.12);

- explicar cómo funcionan las ventosas (ver figura 2.7 b), los sopapos y las jeringas;
- mostrar experimentalmente y explicar por qué al sumergir un vaso boca abajo no entra agua en él o, por qué al sacarlo del fondo en forma invertida, si está lleno de agua, sale lleno de agua. Ver figura 2.7 c;
- mostrar experimentalmente y explicar cómo funciona el sifón (ver figura 2.7 d). Describir aplicaciones que se le da en el campo o, posiblemente, en el ámbito doméstico;
- mostrar experimentalmente y explicar por qué el agua no se cae en la secuencia que se ilustra en la figura 2.7 e.

Fig.2.7



- c) el que no importa la forma del tubo (recto, curvo, de perfil cuadrado o redondo, etc.) ni la cantidad de mercurio;

d) el que también el instrumento de la figura 2.6 puede ser usado para medir la altura a que nos encontramos respecto del nivel del mar. Si se considera que la presión atmosférica se reduce aproximadamente en 1 mm de Hg por cada 10,5 m de ascenso, los estudiantes pueden calcular la altura de un cerro si miden la presión en su base y en su cumbre.

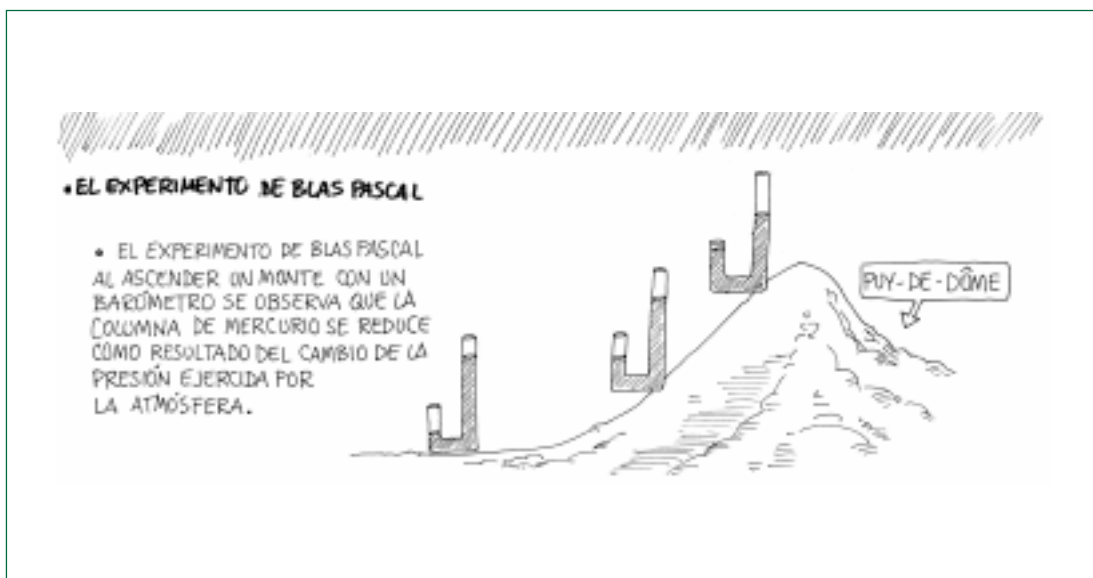
También es conveniente relatar la propuesta de Blas Pascal de ascender el monte Puy-de-Dôme para verificar que lo que ponía de manifiesto el instrumento de Torricelli era la presión ejercida por la atmósfera (ver figura 2.8).

e) Indicar a qué corresponden las unidades “*cm de Hg*”, “*mm de Hg*” o “*Torr*”, “*Atmósfera*” o *Atm*, y las relaciones entre ellas, el pascal (Pa) y el kilopascal (kPa). Puede ser adecuado el dar como tarea completar una tabla como la siguiente. Por trivial que parezca, es necesario recalcar que una cosa es la unidad de medición denominada “atmósfera” y otra cosa es la presión que ejerce la atmósfera.

	Atm	Pa (pascal)	mm Hg (torr)	bar	lb/plg <sup>2</sup>
1 Atm	1	$1,013 \cdot 10^5$		1,01	14,7
1 Pa (pascal)		1		$10^{-5}$	
1 mm Hg			1		
1 bar			750	1	
1 lb/plg <sup>2</sup>					1

Ver anexo D

Fig. 2.8



## Ejemplo G

- Formulan hipótesis destinadas a explicar por qué cuando la presión atmosférica sube las oficinas de meteorología pronostican “mal tiempo”, es decir, nubes y lluvia.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Es importante que los estudiantes comprendan que la presión atmosférica está permanentemente fluctuando en torno de los 76 cm de Hg (1 Atm), debido a la variación en las densidades de las capas atmosféricas.

Comentar el tipo de trabajo que realizan los meteorólogos y la importancia que tiene para un país la posibilidad de predecir el clima, principalmente por la agricultura, la navegación aérea y la marítima. Discutir la aplicabilidad de la expresión  $P = Dgh$  a la atmósfera terrestre teniendo presente que la densidad del aire disminuye con la altura. Suponiendo que la altura de la atmósfera terrestre es de unos 80 km y que la aceleración de gravedad en esta distancia puede ser aproximada por una constante, estimar la densidad media de la atmósfera. Comparar con la densidad del aire sobre la superficie de la Tierra. Comentar que la densidad disminuye exponencialmente con la altura, de modo que el simple promedio aritmético es una aproximación burda. Un gráfico densidad versus altura será de utilidad para desarrollar esta distinción.

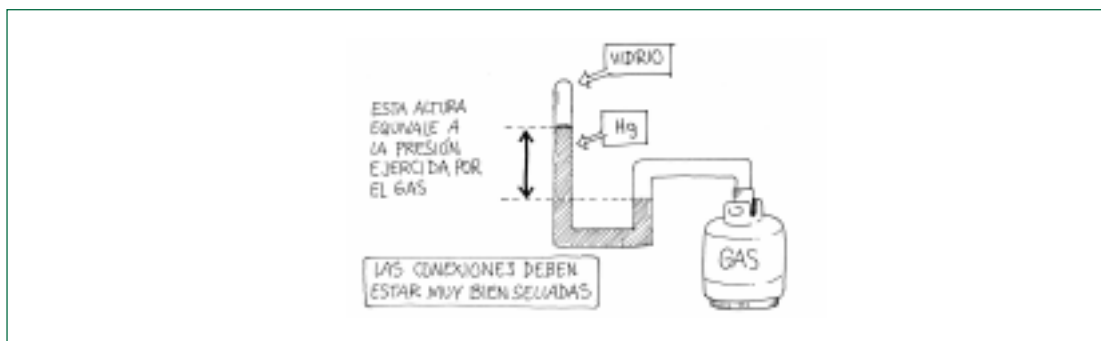
## Ejemplo H

Diseñan un procedimiento que permita medir la presión ejercida por un gas encerrado en un recipiente, como por ejemplo, una pelota de fútbol, un neumático de automóvil, un globo de goma, un compresor, etc.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Una forma es la que se indica en la figura 2.9. Si hay tiempo e interés se puede explicar también cómo funciona el barómetro anaeróbico o mecánico. En muchos textos y enciclopedias para computadoras aparecen esquemas que los explican Véase Ejemplo N.

Fig. 2.9



## Ejemplo I

Buscan información sobre la magnitud de la presión en circunstancias extremas, como por ejemplo, en el centro de la Tierra o en el centro del Sol, en ciudades como La Paz (3400 m), en el lago Chungará (4570 m), en la cumbre del Everest (8882 m), en las fosas marinas, en la superficie de Júpiter, en la atmósfera de diversos planetas, en los mayores vacíos logrados en avanzados laboratorios científicos, etc.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Como referencia, considerar datos como los de la tabla siguiente:

Lugar	Presión (Atm)	Lugar	Presión(Atm)
Centro del Sol	$2,0 \cdot 10^{11}$	Sangre en el cuerpo	1,16
Centro de la Tierra	$3,9 \cdot 10^6$	Atmósfera (promedio)	1,000
Fondo del océano	$1,1 \cdot 10^3$	Sonido intenso	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Taco de zapato en el suelo	10	Sonido débil	$3,0 \cdot 10^{-10}$
Neumático de automóvil	2	Vacío sideral	$1,0 \cdot 10^{-18}$

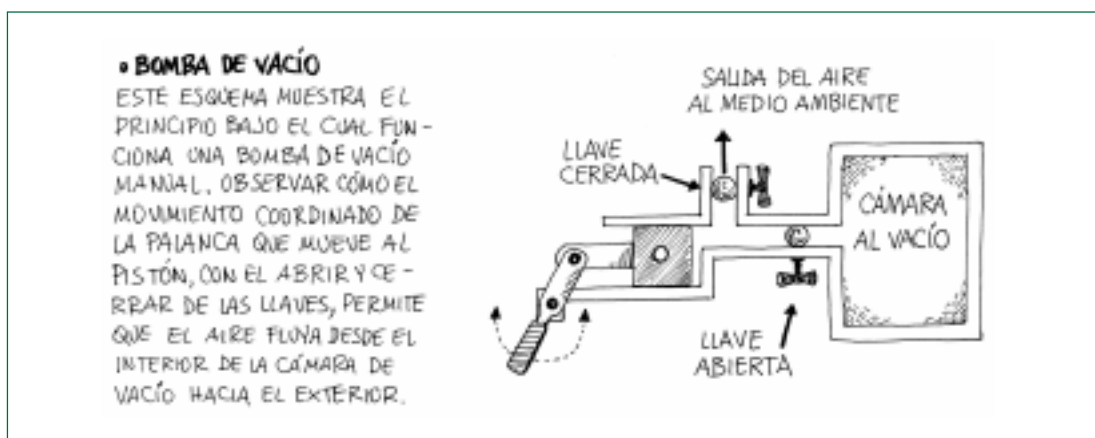
## Ejemplo J

Inventan una máquina capaz de producir vacío.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Una vez que los estudiantes hayan desarrollado algunas ideas, puede ser adecuado mostrar un esquema o animación computarizada sobre el modo en que funcionan algunas bombas de vacío. Una figura como la 2.10 puede servir para motivar su inventiva. Se les puede sugerir automatizar el proceso que allí se describe.

Fig. 2.10



Puede ser interesante mencionar que el récord actual (logrado 1992) es de  $10^{-10}$  Pa; que se piensa que la presión en el espacio sideral puede ser un millón de veces más pequeña; que el vacío barométrico (el que se produce en el barómetro de Torricelli) es en realidad vapor de mercurio que a temperatura ambiente ejerce una presión completamente insignificante de milésimas de mm de Hg. Plantear algunas preguntas tales como ¿existirá el vacío absoluto? ¿será posible lograrlo alguna vez en un laboratorio?

#### Ejemplo K

Mostrar experimentalmente que un líquido fluye de lugares de mayor a menor presión y que este principio físico se utiliza para elevar agua por medio de bombas.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Una experiencia sencilla consiste en disponer un plato con agua, una vela corta y un vaso invertido que pueda contener la vela encendida (ver figura 2.11). Al consumirse el oxígeno y enfriarse el aire disminuye la presión interna y el nivel de agua sube en el vaso. Haciendo mediciones de la altura alcanzada se puede determinar la presión que hay en el interior.

Fig. 2.11



Ejemplo L

Mediante un esquema como el de la figura 2.12 explicar el modo en que funciona una bomba manual para extraer agua de un pozo, muy típica en nuestros campos.

Fig. 2.12



#### INDICACIONES AL DOCENTE

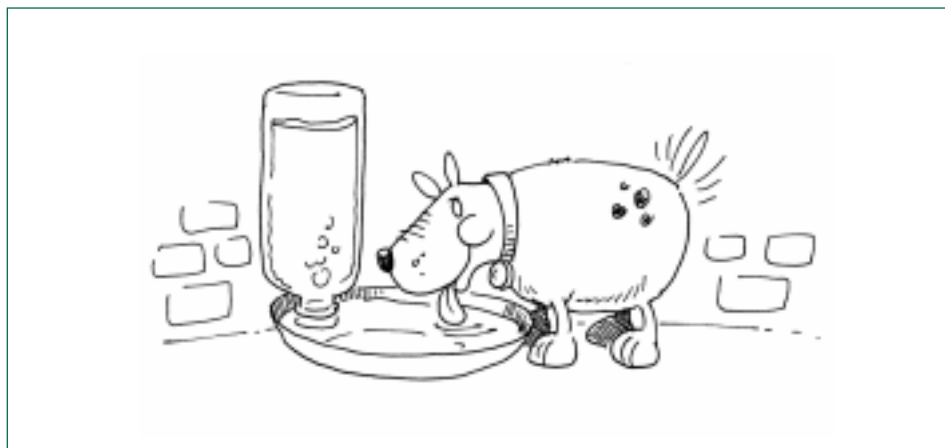
En esta descripción deben destacar el pistón y la palanca que lo mueve, las dos válvulas de una vía y la dinámica de su funcionamiento.

Ello se debe a que la presión ejercida por una columna de agua de aproximadamente 10 m (calcularla) equivale a la presión atmosférica.

Ejemplo M

Construyen y explican el principio de funcionamiento de un dispensador de agua como los que con frecuencia se utilizan para proporcionarle líquido a las mascotas. Ver figura 2.13.

Fig. 2.13



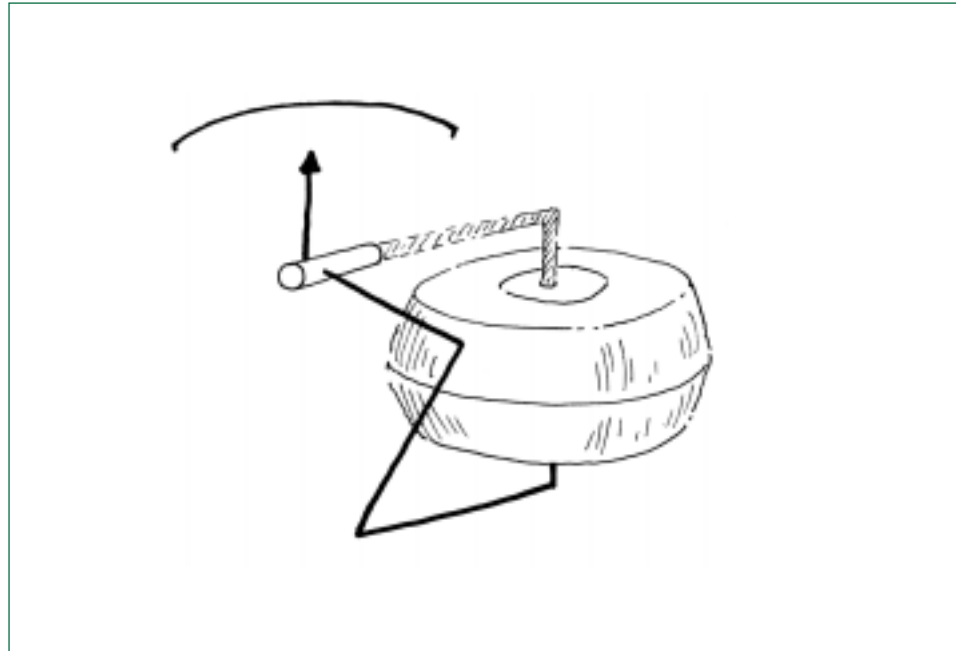
## INDICACIONES AL DOCENTE

El agua sale de la botella derramándose en el recipiente hasta que alcanza el nivel del gollete. En tal situación la presión atmosférica impide que el agua siga derramándose. La botella invertida también se usa para regar lentamente plantas en maceteros. Discutir cómo funciona el sistema en este caso. Aquí el principio de funcionamiento es diferente, pues el agua fluye continuamente a través de la porosidad de la tierra.

## Ejemplo N

A partir de un recipiente hermético pero con paredes de cierta flexibilidad, construyen un barómetro anaeróbico del tipo que se ilustra en la figura 2.14.

Fig. 2.14



## INDICACIONES AL DOCENTE

Es interesante discutir qué efectos puede tener sobre este barómetro el cambio de temperatura ambiental y la forma de proceder para graduarlo. Comparar el barómetro que aquí se ilustra con los barómetros anaeróbicos de fábrica que muestran algunos textos.

## c) Principio de Arquímedes

### Detalle de contenidos

#### EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

Flotabilidad de objetos a partir de la observación. Enunciado y demostración del principio de Arquímedes. Flotabilidad en el agua y en la atmósfera.

### Actividades genéricas y ejemplos a elegir

#### Actividad

Observan cuerpos que flotan en el agua y los caracterizan. En base al principio de Arquímedes explican por qué algunos objetos flotan, otros se hunden y otros permanecen “entre dos aguas”.

#### Ejemplo A

- Observan cómo algunos cuerpos flotan (hielo, corcho, madera, barcos de juguete o algún tipo de concavidad de metal, etc.), otros se hunden (c lavos, monedas, etc.) y otros permanecen entre dos aguas (trocito de papel, género, etc.). Describen lo que han sentido y experimentado cuando juegan en una piscina. Formulan hipótesis destinadas a explicar los fenómenos observados y descritos.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

La observación puede ser individual usando un vaso de agua y objetos diversos. Al discutir y tratar de explicar lo observado dar como pista que la respuesta está en la presión hidrostática. Posteriormente el profesor o profesora puede explicar, analizar, aplicar y verificar experimentalmente el principio de Arquímedes, con la permanente participación activa de los alumnos y alumnas.

Conviene realizar esta actividad en etapas como las siguientes:

- enunciar el principio en palabras y explicarlo por medio de imágenes. Relatar el contexto histórico y las leyendas asociadas a él;
- explicar la noción de fuerza de empuje en base a las magnitudes y direcciones sobre las que actúan las presiones en un objeto regular sumergido (ver figura 2.15 (a));
- por medio de un dinamómetro poner de manifiesto la fuerza de empuje (ver figura 2.15 (b)), midiendo el peso de una piedra fuera del agua y luego su “peso aparente” sumergido en agua;
- enunciar el principio de Arquímedes en términos matemáticos;
- verificarlo experimentalmente, calculando el “peso del líquido desalojado” y comparándolo lo con el empuje obtenido por medio del dinamómetro;

- realizar la demostración matemática y analizarla, por ejemplo, desde el punto de vista de lo que ocurre con un cuerpo sumergido en un líquido cuando el empuje es menor, igual y mayor que el peso del cuerpo. También cuando la densidad del cuerpo sumergido es mayor, igual o inferior a la del líquido en que está sumergido. Mostrar que el empuje ( $E$ ) es igual a  $E = DVg$ , en que  $D$  es la densidad del líquido,  $V$  el volumen de líquido desalojado y  $g$  la aceleración de gravedad;
- resolver algunos problemas cualitativos en base al principio de Arquímedes. Explicar, por ejemplo, cómo hacen submarinos y peces para permanecer quietos a cierta profundidad, sumergirse y emerger, por qué para los pájaros esto es imposible sin aletear. Explicar por qué los barcos con casco de acero permanecen a flote, cómo funcionan los chalecos salvavidas, por qué flotan los icebergs, por qué las burbujas de aire en el agua, o gas en las bebidas gaseosas siempre ascienden, etc.;
- resolver algunos problemas numéricos en base al principio de Arquímedes. Por ejemplo, dado el peso real y el peso aparente de una roca sumergida en un líquido de densidad conocida, determinan el volumen de la roca;
- realizar algunas predicciones en base al principio de Arquímedes y verificarlas después experimentalmente. Por ejemplo, dado un trozo de madera de dimensiones y densidad conocida, calcular qué parte quedará bajo el nivel del agua cuando flote en reposo y verificar a continuación esta predicción o, determinar, para un cubo de hielo, la fracción de volumen que sobresale cuando flota en el agua.

Fig. 2.15



## Ejemplo B

Especulan y formulan hipótesis acerca de las razones por las cuales algunos globos para fiestas se elevan por sí solos en el aire.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Después de analizar situaciones como la aquí planteada es conveniente que el alumno o alumna reconozca que sobre los globos, las personas, y todas las cosas que nos rodean: sillas, mesas, cuader-nos, etc., actúa un empuje dirigido hacia arriba en contra de la gravedad. En otras palabras deben reconocer que el principio de Arquímedes no sólo es aplicable a objetos sumergidos en un líquido sino también a los objetos inmersos en la atmósfera. Puede ser instructivo estimar el empuje que ejerce la atmósfera sobre un estudiante, un libro, etc., y compararlo con su peso gravitatorio.

## Ejemplo C

Explican lo que sucede en el Ludi6n, o diablillo de Descartes, que se ilustra en la figura 2.16, y c6mo se puede mover el gotario hasta la altura que se desee.

Fig. 2.16



## INDICACIONES AL DOCENTE

Basta llenar con agua hasta unos 2 cm del borde un tubo o botella transparente de unos 30 cm de largo, introducir un gotario a medio llenar de agua y cerrar luego la parte superior del tubo, por ejemplo, con la goma de un globo de cumplea6os. Al presionar suavemente dicha superficie el gotario descender1. Si mantenemos la presi6n, el gotario se mantendr1 entre dos aguas; si la disminuimos, subir1, etc. Es un poco delicado el ajuste de la cantidad de agua que debe tener el gotario, pero con un poco de paciencia al final resulta y alumnos y alumnas se divertir1 adem1s de aprender. Si el profesor o la profesora desv1a la atenci6n de las y los estudiantes de modo que no adviertan la manipulaci6n que se hace sobre el dispositivo, m1s entretenida resulta la actividad. Mencionar que el invento de este aparato parece corresponder a Ren6 Descartes, y el nombre de “Laudi6n”, a que su prop6sito era eminentemente l6dico.

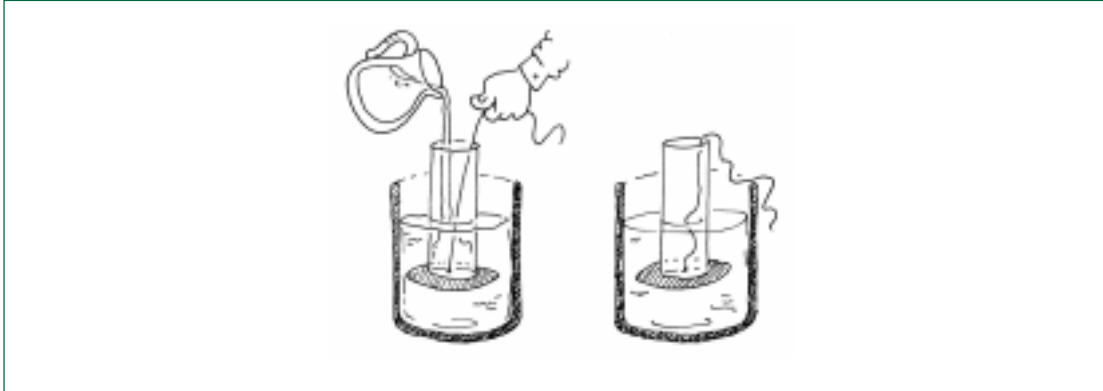
## Ejemplo D

Verifican que un objeto plano horizontal sumergido es siempre empujado hacia arriba con la misma fuerza que hacia abajo.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Para comprobar este hecho se puede tomar un tubo transparente abierto por sus dos extremos. Se tapa el fondo con un disco sujeto por un hilo que pasa por el interior. Se sumerge el cilindro con el hilo tirante y se suelta una vez que se encuentre en el agua. Ver figura 2.17. Discutir por qu6 el disco no se va al fondo. Para completar la experiencia verter suavemente agua colorada en el interior del cilindro y observar el nivel que ella alcanza cuando se despeg1 el disco.

Fig. 2.17



#### EjemploE

Verifican que un huevo crudo descomponiendo flota en el agua, mientras que uno en buen estado se va al fondo del recipiente.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Hacer reflexionar a alumnos y alumnas acerca de lo que puede producir la diferencia de comportamiento. Ello se debe a que en el proceso de descomposición se producen gases que escurren a través de la cáscara porosa del huevo, disminuyendo su masa. La experiencia se puede hacer en clase dejando un huevo varios días a la intemperie, hasta que se descomponga.

#### EjemploF

Miden la línea de flotación de una embarcación en función de su carga. Grafican y analizan sus resultados contrastándolos con el principio de Arquímedes.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Normalmente una embarcación no estará disponible, por lo que esta experiencia se puede realizar utilizando un flotador de plástico, como una botella de bebida gaseosa o el tubito transparente en que habitualmente vienen los rollos fotográficos. Como carga en el primer caso se puede utilizar agua, y en el segundo, monedas de 10, 50 ó 100 pesos. Cerrar la tapa del recipiente con su carga y hacerlo flotar en un vaso con agua. Si se usa un recipiente cilíndrico como el tubito, se podrán hacer mediciones precisas. Es conveniente marcar con tinta no soluble en agua una regla milimétrica para medir el grado de hundimiento. Hacer una tabla, y luego un gráfico, del hundimiento en función del peso. Para vincular esta experiencia con el principio de Arquímedes alumnos y alumnas tendrán que reducir la masa a una densidad, para lo cual será necesario estimar también el volumen del tubito. Insistir en la importancia de asociar siempre un error a las mediciones que se realicen, o a las magnitudes que se calculen, como es la densidad en este ejemplo.

## d) La capilaridad

### Detalle de contenidos

#### LA CAPILARIDAD

Situaciones cotidianas en que se observa. Explicación. Su importancia en los seres vivos.

### Actividades genéricas y ejemplos a elegir

#### Actividad

Observan el fenómeno de la capilaridad, formulan hipótesis destinadas a explicarlo e identifican situaciones del mundo biológico en que resulta importante.

#### Ejemplo A

- Introducen lenta y cuidadosamente diferentes objetos en un vaso con agua, y observan detenidamente lo que sucede en los contornos de la superficie en que objeto y agua están en contacto. Realizan un dibujo que represente la situación. Repiten posteriormente las observaciones con un tubo capilar de vidrio, introduciéndolo en un vaso con agua y luego en un recipiente que contenga mercurio. Comparan ambas situaciones.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Se espera que los estudiantes hagan dibujos más o menos como los que se ilustran en la figura 2.18. Como capilar se puede emplear el tubo de plástico transparente y vacío de un lápiz de pasta. Notar que el material de algunos vasos de plástico no se moja ni forma menisco al igual que el teflón, lo que resulta instructivo observar.

Por otro lado observan que el nivel que alcanza el agua en el capilar depende de su diámetro. Es interesante repetir la observación agregando detergente al agua y comparar los resultados

Fig. 2.18



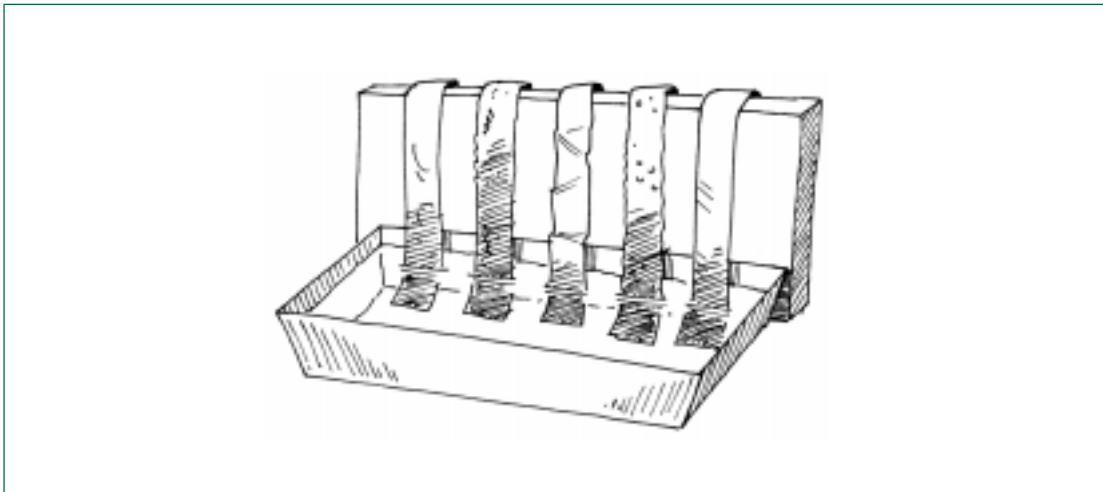
### Ejemplo B

Planifican un experimento destinado a determinar qué papeles o cartones son más absorbentes y formulan hipótesis destinadas a explicar el fenómeno.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Si se cortan tiras de igual longitud y ancho de diferentes papeles incluidas toallas y servilletas (véase figura 2.19), y se cuelgan de modo que su extremo inferior quede sumergido en agua, se podrá ver que ésta empapa el papel y sube por algunos más rápido que por otros. Ojalá los estudiantes adviertan que este fenómeno es otra forma en que se manifiesta la capilaridad, esta vez siendo los espacios intermoleculares lo que se comportan como estrechos conductos capilares.

Fig. 2.19



### Ejemplo C

- Formulan hipótesis destinadas a explicar el fenómeno de la capilaridad observada en situaciones como las descritas en los ejemplos anteriores.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Basta aquí que los alumnos y alumnas sepan que el fenómeno en cuestión se debe a fuerzas moleculares de naturaleza eléctrica entre líquidos y sólidos. Estas son atractivas en los casos que el líquido baña las paredes del sólido, y repulsivas cuando los líquidos no “mojan” a los sólidos.

## Ejemplo D

- Realizan una investigación bibliográfica acerca de cómo la capilaridad es aprovechada por el reino animal y vegetal, y la importancia general de este fenómeno para la vida.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Como probablemente este no es un tema con el cual el profesor o la profesora de física esté bien familiarizado, resultará conveniente solicitar el apoyo del docente de Biología, ya sea para evaluar las investigaciones de los estudiantes, o para exponer y analizar el tema. El punto central es que en todos los organismos hay una red capilar que lleva los nutrientes a los tejidos y los órganos, a través de la linfa en los vegetales, y la sangre en los vertebrados. Destacar que, gracias a la capilaridad, la linfa llega a más de 120 metros de altura en los grandes árboles.

## Ejemplo E

Construyen una argolla de unos 2 cm de diámetro o con alambre muy fino y, con el mismo alambre, forman un resorte que sirva como dinamómetro cualitativo de alta sensibilidad. Sumergen la argolla en agua (u otro líquido) y luego tiran suavemente del extremo superior del resorte hasta que la argolla salga del agua. Ver figura 2.20. Observan, describen, formulan hipótesis para explicar lo que observan, y relacionan el fenómeno con la capilaridad.

Fig. 2.20



## INDICACIONES AL DOCENTE

Puede emplearse alambre del bobinado de un transformador en desuso. Si se posee un dinamómetro de gran sensibilidad y precisión será posible entonces medir con exactitud la tensión superficial del agua, del agua con jabón, del mercurio, aceite, etc. y compararlas.

Mencionar que debido a esta tensión superficial los insectos pueden pararse sobre el agua y que una aguja de coser puede flotar aun cuando posee una densidad nueve veces mayor que el agua.

### Ejemplo F

Observan, describen y comparan las gotas que forman líquidos tales como agua, alcohol, mercurio, aceite, en superficies lisas como el vidrio de una ventana. Formulan hipótesis para explicar lo observado.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

**Esta actividad se presta para que alumnas y alumnos la realicen en sus casas. Aunque por razones de seguridad es preferible que sea el profesor o profesora quien muestre las gotas de mercurio en la clase, es interesante tratar de mojar teflón de gasfiter e intentar explicar por qué lo emplean. Sugerir que observen también cómo escurre el agua en automóviles recién encerados, etc.**

**Si hay tiempo puede resultar interesante el instar a los jóvenes a observar burbujas en líquidos y reflexionar sobre su formación y sustentación.**

## 2. Hidrodinámica

### a) Las leyes de Bernoulli

#### Detalle de contenido

##### ECUACIÓN DE BERNOULLI

Enunciado de la ley de Bernoulli. Análisis y discusión de la ecuación de conservación de la energía en fluidos. Ejemplos de aplicaciones.

#### Actividades genéricas y ejemplos a elegir

##### Actividad

**Analizan y aplican el principio y la ecuación de Bernoulli a distintas situaciones de la vida cotidiana.**

##### Ejemplo A

- Observan que cuando un fluido se desplaza por el interior de un tubo cuya sección cambia, su velocidad disminuye en razón inversa al área de dicha sección.

##### INDICACIONES AL DOCENTE

La observación puede realizarse comparando el movimiento de agua en dos jeringas de igual diámetro interior al estar una con aguja y la otra sin ella. La relación matemática se puede derivar con facilidad a partir de la continuidad del flujo. Notar su importancia en situaciones diversas como el flujo sanguíneo, regadoras de jardín, etc. Hacer algún ejercicio numérico utilizando la ecuación  $vA = \text{constante}$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo y  $A$  la sección del conducto. Destacar la importancia del principio de conservación de la masa en ésta y otras circunstancias.

##### Ejemplo B

- Enunciar, deducir y discutir la ley de Bernoulli.

##### INDICACIONES AL DOCENTE

La ecuación de Bernoulli puede deducirse a partir del análisis de una situación como la ilustrada en la figura 2.21. Se trata de un tubo de sección transversal  $A_1$  y elevación  $h_1$  a la izquierda

y sección  $A_2$  y altura  $h_2$  a la derecha, que contiene un fluido de densidad  $D$  no viscoso ni compresible. El flujo está retenido por pistones en ambos extremos, y se puede iniciar aplicando una fuerza en el pistón inferior, forzando un desplazamiento del pistón superior. De la conservación de la energía, que incluye el trabajo debido al desplazamiento, se obtiene

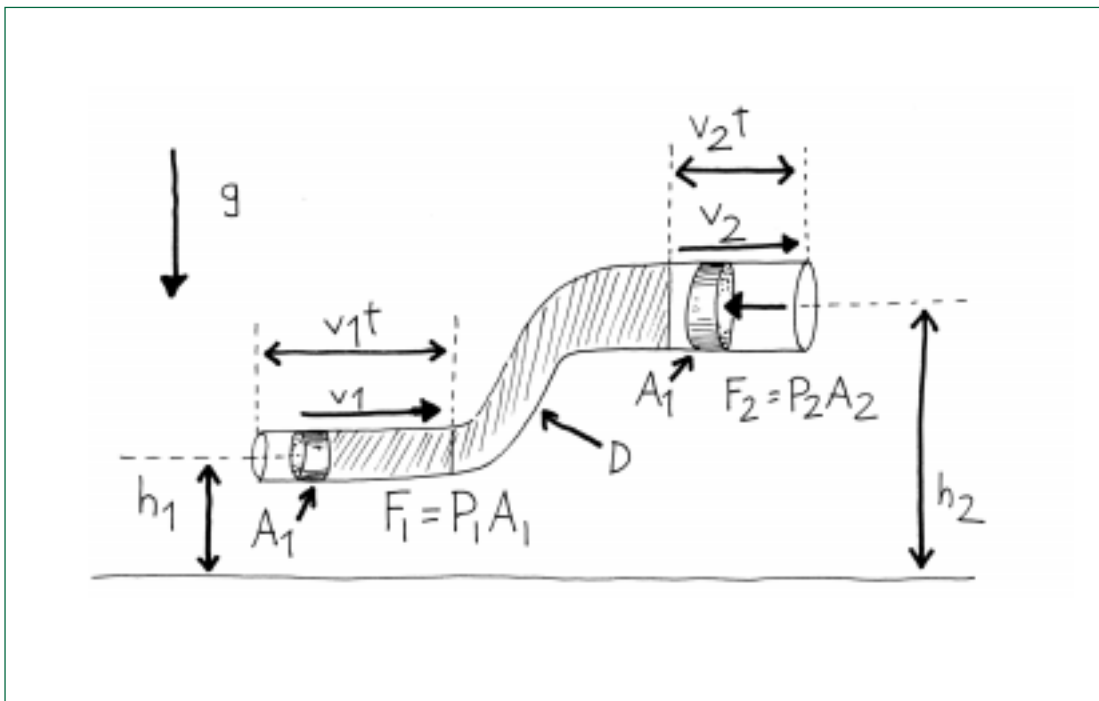
$$P_1 + \frac{1}{2} Dv_1^2 + Dgh_1 = P_2 + \frac{1}{2} Dv_2^2 + Dgh_2$$

o bien

$$P + \frac{1}{2} Dv^2 + Dgh = \text{Constante}$$

Presentar y discutir diversas situaciones en que esta ecuación puede ser aplicada. Mencionar que si no hay cambio de altura la ley se puede leer como “a mayor velocidad, menor presión”, enunciado que a menudo se cita como el principio de Bernoulli.

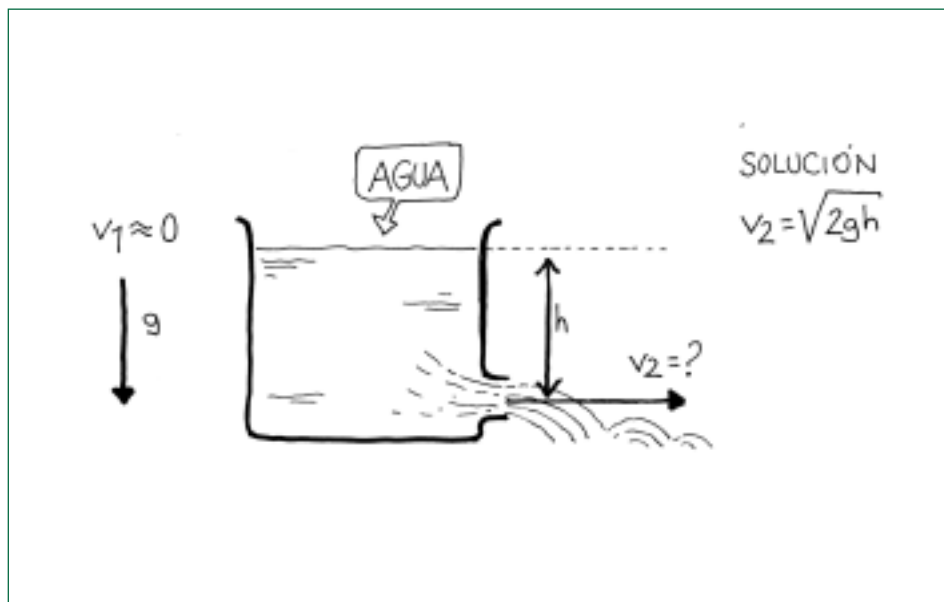
Fig. 2.21



## Ejemplo C

- Calculan la rapidez con que sale agua por una abertura situada en la parte baja en un gran tanque como el que se ilustra en la figura 2.22.

Fig. 2.22



## INDICACIONES AL DOCENTE

Este ejemplo proporciona una aplicación simple de la ley de Bernoulli. Es importante considerar dos aproximaciones que simplifican el problema: la primera es que la rapidez con que desciende la superficie superior del agua en el estanque es despreciable si el estanque es muy grande, y que las presiones en la superficie superior del agua y en la abertura son prácticamente iguales (la presión atmosférica). Será instructivo verificar al final del cálculo que la primera aproximación es muy razonable. Discutir con alumnos y alumnas cómo se modificarían las cosas si el estanque fuera de sección pequeña.

Es importante que los estudiantes adviertan que la solución de este problema implica que el agua en esta situación se comporta como cualquier objeto que cae de igual altura.

## Ejemplo D

Discuten acerca del funcionamiento de los sistemas de riego más usados en el campo: por qué bajan las aguas por canales y acequias, el riego por goteo, etc.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Referirse en particular a las situaciones más relevantes según la probable experiencia de alumnos y alumnas.

## Ejemplo E

- Predicen, describen y explican lo que ocurre en situaciones como las que se ilustran en la serie de dibujos de la figura 2.23.

Fig. 2.23



## Ejemplo F

- Analizan la forma de un ala de avión y explican en base a la ley de Bernoulli como funciona.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Analizando la figura 2.24 y teniendo presente que el flujo es continuo, el alumno o alumna puede aceptar que la forma del ala obliga al aire a moverse más rápidamente por la parte superior que por la inferior. Aplicando entonces la ley de Bernoulli se comprende que la presión que el aire ejerce en la parte inferior es mayor que la que ejerce en la parte superior, razón por la cual sobre el ala que se mueve abriendo el aire actúa una fuerza neta hacia arriba. Discutir la posibilidad de que un avión vuele invertido.

Proponer a los estudiantes interesados el ensayar frente a un ventilador el comportamiento de diferentes formas de alas, confeccionadas, por ejemplo, con plumavit.

Fig. 2.24



---

## b) Roce y velocidad límite

### Detalle de contenido

#### ROCE EN UN FLUIDO

Introducción del concepto de viscosidad en base a la observación directa. Ejemplos comparativos: agua, aceite, sangre, etc.

#### VELOCIDAD TERMINAL

Movimiento de un cuerpo en un fluido. Movimiento a velocidad constante. Momento en que un cuerpo que acelera en un fluido alcanza esta velocidad. Ejemplos en que ello se observa: el paracaídas, la lluvia, etc.

### Actividades genéricas y ejemplos a elegir

#### Actividad

---

Observan y describen la caída de diversos objetos en distintos medios y explican los diferentes movimientos que se producen.

#### Ejemplo A

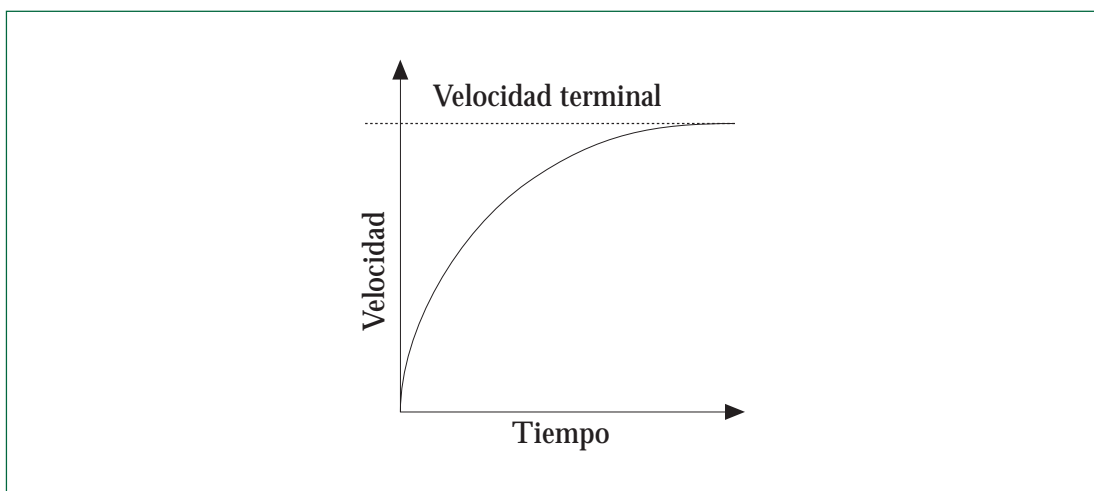
- Comparan la rapidez de la caída de una hoja de papel estirado y la de una bolita de plumavit en el aire. Comparan la rapidez de caída de una moneda en el aire y en agua.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

La experiencia de alumnos y alumnas les permite comprender con facilidad que la fuerza de roce que se opone al movimiento es mayor, mientras mayor sea la rapidez del movimiento. Esto lo han sentido al sacar la mano por la ventana de un automóvil en marcha, o cuando han intentado correr en el mar. Lo importante aquí es que relacionen estos hechos con las observaciones realizadas y también con el principio bajo el cual funciona el paracaídas, y con la pequeña rapidez con que llegan al suelo las gotas de agua cuando llueve. Mencionar que esta fuerza habitualmente se trata introduciendo un término proporcional a la velocidad en la segunda ley de Newton:  $F - gv = ma$  con  $g$  una constante positiva. Comentar por qué este signo es el correcto. La velocidad límite es  $v = \frac{F}{\gamma}$  corresponde a la aceleración nula. Es importante también que en la descripción del fenómeno estudiado construyan un gráfico cualitativo como el que se ilustra en la figura 2.25.

Comentar lo que ocurre con aerolitos, rocas que ingresan a alta velocidad a la atmósfera, y las exigencias a los materiales de naves espaciales que regresan intactas a la Tierra.

Fig. 2.25



## Ejemplo B

- Comparar la dificultad relativa de deslizar dos trozos de vidrio uno respecto al otro untados con fluidos de diferente viscosidad: agua, aceite, glicerina, miel, etc.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Si el tiempo lo permite presentar la definición de viscosidad y sus unidades. De lo contrario, comentar la diferencia cualitativa de los diversos fluidos bajo el desplazamiento. Destacar que la viscosidad mide esta dificultad y que a mayor resistencia del fluido, mayor viscosidad. Dar valores para los fluidos usados.

## Ejemplo C

Formulan hipótesis en relación con los factores que determinan la velocidad límite o terminal de un objeto en un fluido. Comparan el comportamiento de cuerpos de diversa forma.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Seguramente los estudiantes proporcionarán una gran lista de supuestos factores que intervienen para determinar la velocidad límite de un cuerpo en un fluido. Al profesor o a la profesora le corresponderá ordenar estas ideas en un esquema que resulte claro para los jóvenes. Entre los principales factores que debe destacarse es la forma del objeto y la posición en que éste cae. Es instructivo ilustrar esta parte dejando caer una hoja de papel estirada, horizontalmente y en forma vertical, y haciéndolo también con una arrugada. Otro factor importante es la densidad del cuerpo y la del fluido, pues está presente la fuerza de empuje de que habla el principio de Arquímedes.

## Ejemplo D

Comentar la importancia de la velocidad límite para el diseño de vehículos de alta velocidad y otros aparatos tecnológicos actuales.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Mencionar el caso del diseño de automóviles y especialmente de aviones de alta velocidad que suele caracterizarse como “aerodinámico”. En estos casos las velocidades límites deben ser lo más altas posibles y la fuerza de roce, lo más pequeña posible. Señalar que con esto no sólo se gana en el tope de velocidad que se puede alcanzar sino que, paralelamente, significa un importante ahorro de combustible. Señalar que este problema también se da en barcos, submarinos, misiles y torpedos. Hay algunos interesantes videos que muestran los túneles de viento en que se ensayan las formas de automóviles y aviones, y túneles de agua en que se estudia la mejor forma para diferentes navíos. Comentar que las naves que descendieron en la Luna en el año 69, y en la década de los 70 los módulos lunares, no requerían formas aerodinámicas pues en nuestro satélite no hay atmósfera. Sin embargo, el reingreso a la atmósfera terrestre sí lo requirió para disminuir las altas temperaturas generadas por el roce. Señalar también que en los planetas Venus y, especialmente en Marte, los descensos pueden frenarse con paracaídas.

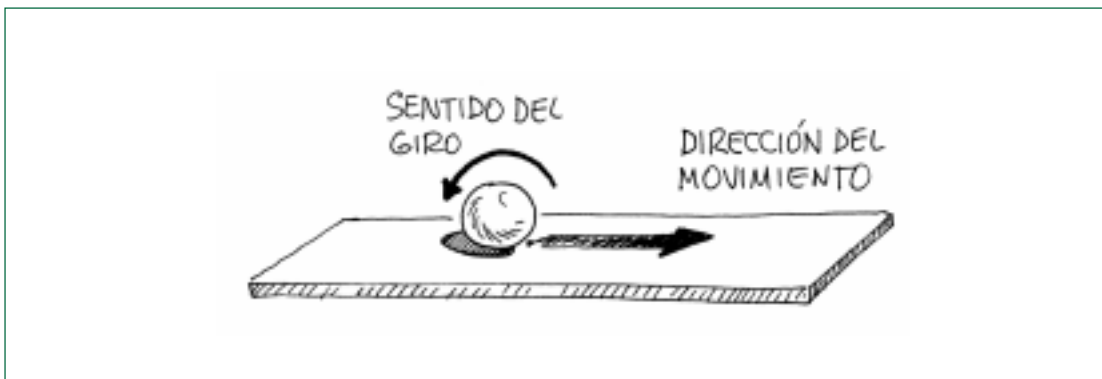
## Ejemplo E

Describen la desviación inusual que suelen experimentar pelotas y bolas en algunos juegos, fenómeno denominado comúnmente “chanfle”.

## INDICACIONES AL DOCENTE

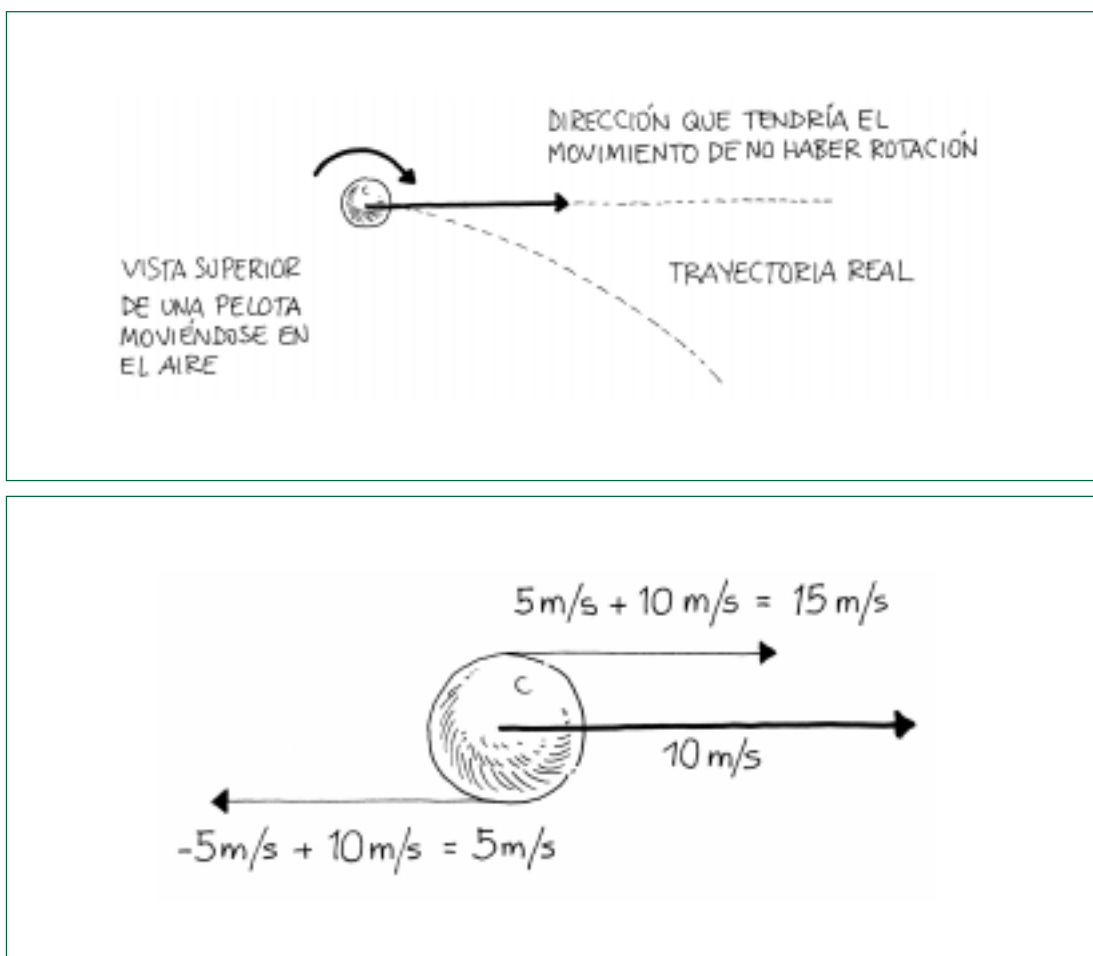
Conviene iniciar este análisis examinando lo que ocurre al deslizar una pelota de ping-pong sobre una mesa horizontal girando sobre sí misma de modo que el roce con la mesa la detenga y la haga retroceder (ver figura 2.26). Discutir físicamente este ejemplo, preguntando a los alumnos y alumnas qué ocurre con el momentum lineal, el que debe conservarse.

Fig. 2.26



Examinar después la trayectoria de una pelota de fútbol que se mueve a la vez que rota (ver figura 2.27). Comparar el roce con el aire en ambos costados de la pelota y decidir cómo afecta ello su movimiento global. De ser posible, hacer la experiencia en el patio golpeando la pelota en un costado para darle el efecto de rotación. Hacer luego el análisis teórico con un esquema como el de la figura.

Fig. 2.27



---

## c) Presión sanguínea

### Detalle de contenido

#### SISTEMA CARDIOVASCULAR

Descripción general: el corazón como bomba impulsora y sus válvulas, los vasos sanguíneos, la sangre, etc. Características físicas elementales de cada constituyente y el funcionamiento del sistema.

#### LA PRESIÓN SANGUÍNEA Y SU MEDICIÓN

Descripción del manómetro que emplea el médico. Su funcionamiento y significado de las medidas que proporciona: la baja y la alta.

### Actividades genéricas y ejemplos a elegir

#### Actividad

---

Observan y, desde el punto de vista de la física, analizan el sistema cardiovascular humano, describen su funcionamiento y reconocen el valor que tiene la medida de la presión sanguínea en medicina.

Ejemplo A

- Observan y describen los principales elementos que constituyen el sistema cardiovascular humano.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

La idea es que los estudiantes observen críticamente un esquema en que se represente el sistema cardiovascular, o examinen un modelo de plástico o uno computarizado. Estos últimos suelen ser los más adecuados debido a que incorporan una serie de explicaciones. Hay algunos de estos software que muestran el sistema circulatorio en tres dimensiones, con la posibilidad de girarlos en varios sentidos y observar la dinámica de la circulación. Hacer ver la función de la bomba hidráulica que cumple el corazón. En caso que el profesor o profesora de Física no maneje este tema con soltura, es conveniente que algunas acciones se planifiquen en conjunto con los docentes de Biología.

Ejemplo B

Describen, caracterizan y comentan la circulación sanguínea en sus aspectos generales, desde las grandes arterias y venas hasta los capilares.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Señalar que el corazón impulsa el flujo sanguíneo por arterias y venas. Inicialmente la presión es muy cambiante aunque, al llegar a vasos cada vez de menor calibre, tiende a uniformarse, de modo que cuando regresa la sangre al corazón el flujo ya es casi uniforme. Observar que, excepto en capilares, al disminuir el diámetro la sangre fluye más velozmente cuando una arteria se ramifica. Indicar que una muy alta presión puede provocar la rotura de vasos en el cerebro produciendo los conocidos derrames cerebrales, los que aumentan la presión en el cráneo con consecuencias a veces fatales. Señalar que la presión máxima se denomina sistólica y la mínima diastólica y que son estas dos magnitudes las que interesan a los médicos.

## Ejemplo C

Reflexionan acerca del proceso de medición de presión sanguínea en el brazo. Describen el funcionamiento de un esfigmomanómetro.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Una vez realizada la actividad, analizar un esquema que muestre el instrumento que usan los médicos (esfigmomanómetro) y sus partes: la manga que se pone alrededor del brazo y que puede inflarse, el manómetro de mercurio que mide la presión del aire de la manga, el estetoscopio que permite detectar que el flujo de sangre por el antebrazo ha sido interrumpido. Explicar en seguida el procedimiento que se sigue para medir ambas presiones: el aire que se introduce en la manga presiona el brazo hasta que se interrumpe el flujo por la arteria braquial. Esta es la presión sistólica. Al dejar escurrir el aire disminuye la presión sobre el brazo hasta el punto que se consigue el flujo sanguíneo, dando la medida “baja” de la presión. Explicar qué significa que una persona normal tenga una presión de 120/80, es decir, 120 mm de Hg y 80 mm de Hg respectivamente. Es interesante hacer reflexionar a alumnos y alumnas acerca de por qué la manga se coloca en el brazo, y a la misma altura a la que se encuentra el corazón.

## Ejemplo D

Diseñan una bomba que funcione como corazón artificial y la construyen con botellas de plástico, mangueras, etc.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Existe un trabajo importante de investigación en torno a este tema a nivel mundial. Teniendo presente que se trata de un área altamente especializada, puede prestarse para una búsqueda de información en internet o revistas científicas y médicas de actualidad.

---

## d) Los científicos y sus contribuciones

### Detalle de contenido

#### CIENTÍFICOS RELACIONADOS CON LOS TEMAS DE LA UNIDAD

Arquímedes, Blas Pascal, Evangelista Torricelli, Otón von Guericke, Daniel Bernoulli, son algunos de los grandes protagonistas de la historia de la física de los fluidos. Investigación bibliográfica de su vida, contribución a la especialidad e impacto social de sus descubrimientos.

### Actividades genéricas y ejemplos a elegir

#### Actividad

---

**Realizar una investigación bibliográfica de los científicos que hicieron grandes aportes a la física de los fluidos.**

Ejemplo A

- Buscar información acerca de la vida de Arquímedes, Blas Pascal, Evangelista Torricelli, Otón von Guericke, Daniel Bernoulli, etc., incluyendo época, lugar y circunstancias en que cada uno vivió. Destacan sus descubrimientos o aportes a las ciencias físicas y el impacto social que ellos produjeron.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

En la bibliografía del presente documento se mencionan algunas obras de historia de la física en que los estudiantes pueden encontrar mucho material al respecto. Otra importante fuente de información es, por supuesto, la internet, en donde además podrán encontrar retratos, dibujos y esquemas de sus experimentos fácilmente imprimibles. Como en la internet mucho material se encuentra en inglés, puede ser oportuno coordinarse con el profesor o la profesora de esta asignatura, para que el trabajo enseñe algo de inglés y además de historia de la física.

Es importante planificar bien el momento y la forma en que los estudiantes desarrollen y presenten el trabajo. Un momento adecuado para encargarlo puede ser el principio de la unidad, a fin de que tengan suficiente tiempo para realizar la investigación. Una forma es dividir al curso en igual número de grupos que de personajes a investigar, encomendando a cada grupo que represente teatralmente al personaje elegido y sus trabajos. Si se elige una fecha al final de la unidad para la representación, el ejercicio será de utilidad a todo el curso como un repaso de las ideas más importantes desarrolladas en ésta. Instar a los alumnos y alumnas a repetir algún experimento simple y representativo del personaje en estudio.

Puede ser oportuno instarlos a reflexionar acerca del por qué los científicos mencionados son todos hombres, actividad que convendría dirigir y orientar. También puede ser adecuado el sugerirles que entrevisten a científicos chilenos sobre sus trabajos y sobre la opinión que les merece Arquímedes u otro de los personajes mencionados. Es importante diseñar este tipo de actividad de tal modo que no se convierta en simple reproducción de un texto de enciclopedia o internet. Hacerlo evitando que sientan que hay desconfianza en ellos.

En cuanto a la evaluación de este trabajo es imperativo dar a conocer a los estudiantes los criterios y descriptores que se usarán, y ceñirse estrictamente a ellos en el momento de calificar. Se recomienda emplear principalmente criterios tales como “*recolección y procesamiento de la información*” y “*comunicación oral y escrita, utilizando lenguaje apropiado*”. Ver anexo B.

Destacar los siguientes aspectos biográficos:

- Arquímedes de Siracusa (287- 212 a. de C.). Mayor matemático y físico de la antigüedad. Teórico, ingeniero e inventor, cuyos trabajos se conocen, mayoritariamente, de un modo indirecto debido a la destrucción de la biblioteca de Alejandría, donde estaban sus obras. La leyenda del rey Hierón y la corona de oro, su famoso Eureka y las trágicas anécdotas acerca de su muerte.
- Blas Pascal (1623 – 1662), francés. Filósofo, escritor, matemático y físico. Inventó la máquina de calcular cuando era muy joven. Contribuyó a desarrollar el concepto de presión atmosférica, el equilibrio de los líquidos y la prensa hidráulica. En matemáticas inicia el cálculo de probabilidades.
- Evangelista Torricelli (1608 – 1647), italiano. Físico y matemático discípulo de Galileo Galilei. Inventó el barómetro de mercurio y demostró los efectos de la presión atmosférica.
- Otón von Guericke (1602 – 1686), alemán. Constructor de fortalezas, alcalde y diplomático, realizó grandes aportes a la física. La idea, contraria a la de su época, de que el vacío podía existir y su perseverancia lo llevaron a inventar la máquina neumática. Inventó también la primera máquina electrostática.
- Daniel Bernoulli (1700 – 1782), suizo. Miembro de una familia de grandes matemáticos. Fue inicialmente profesor de anatomía, después de botánica y finalmente de física en la universidad de Basilea. Desarrolló las leyes que rigen la dinámica de los fluidos (hidrodinámica) y contribuyó a los inicios de la teoría cinética de los gases.
- Boyle, Robert (1627 – 1691), irlandés. Gran experimentador y fecundo en ideas novedosas como físico y químico. Terminó con la doctrina aristotélica de los cuatro elementos al introducir la noción de elemento químico. Aclaró los conceptos de mezcla y combinación. Mostró que la presión del aire disminuía con cada golpe de pistón, observó que el agua bullía en aire rarificado y que el hielo se evaporaba sin licuarse. Mostró que al aumentar la presión a que se encuentra sometido un gas, se reduce en forma inversamente proporcional su volumen, a temperatura constante.

Mencionar que a comienzos del siglo XX, en una época en que aún no había físicos en Chile, el ingeniero Ramón Salas Edwards alcanzó fama internacional por su aporte al flujo de las aguas por canales de regadío y su regulación. Se puede obtener información acerca de él en la revista “Informativo Hidráulico”, publicación del Instituto Nacional de Hidráulica.

### Ejemplo B

Debaten las razones por las cuales las ciencias físicas suelen asociarse a lo masculino. Investigan el aporte de mujeres a la física y la astronomía.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Se puede mencionar el trabajo de mujeres famosas como María Curie, Henrietta Leavitt, Emmy Noether. También es interesante el caso de Sor Juana Inés de la Cruz quien, además de ser poetisa, dedicó muchas horas de estudio a las ciencias de su época. Puede sugerirse el visitar universidades en las cuales se ofrezcan carreras científicas ligadas a la física, como Licenciatura en Física, Ingeniería, Geología, Astronomía, Meteorología, etc. y, constatando la presencia de mujeres, entrevistarlas indagando acerca de su experiencia personal.